



저작자표시-동일조건변경허락 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.
- 이차적 저작물을 작성할 수 있습니다.
- 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



동일조건변경허락. 귀하가 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공했을 경우에는, 이 저작물과 동일한 이용허락조건하에서만 배포할 수 있습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

공학박사 학위논문

고속도로의 설계시간계수 추정치(K)분포의
회귀모형에 관한 연구

Regression Models on Design Hourly Factor
Estimates(K) Distribution in Expressway

The seal of Korea Maritime University is a circular emblem. It features a stylized sun with rays at the top, a wavy line representing water in the middle, and the year '1945' at the bottom. The Korean text '한국해양대학교' (Korea Maritime University) is written around the perimeter of the seal.

지도교수 김 태 곤

2013년 2월

한국해양대학교 대학원

토목환경공학과 신 광 식

本 論 文 을 申 光 湜 의 工 學 博 士 學 位 論 文 으 로 認 准 함.

위원장 이 중 우 (인)

위 원 김 도 삼 (인)

위 원 김 태 형 (인)

위 원 이 상 국 (인)

위 원 김 태 곤 (인)



2012년 12월 3일

한국해양대학교 대학원

목 차

목 차	i
Nomenclature	iii
List of Tables	v
List of Figures	vii
Abstract	xi
제 1 장 서 론	1
1.1 연구 배경	1
1.2 연구 목적	3
1.3 연구 진행과정	4
제 2 장 문헌연구	5
2.1 국외 문헌연구	5
2.2 국내 문헌연구	9
제 3 장 자료수집 및 분석	14
3.1 자료 수집	14
3.2 자료 분석	15
제 4 장 설계시간계수추정치(K)의 분석	71
4.1 주중 설계시간계수추정치(K)의 분석	73

4.2 주말 설계시간계수추정치(K)의 분석	81
제 5 장 모형 구축 및 검증	89
5.1 모형 결정	89
5.2 모형 구축	90
5.3 모형 검증	105
5.4 모형 평가	119
제 6 장 결론 및 향후 연구과제	129
참 고 문 헌	131



Nomenclature

Q	Flow rate for 1hour(veh/h)
N	Number of vehicles observed(veh)
T	Unit time period(15min or 1hour)
h_i	Headway of each vehicle i (sec)
q_i	Each flow i (veh)
U_s	Spot mean speed(km/h)
U_i	Travel speed for each vehicle i (km/h)
D	Distance between loop detectors at spot(m)
\bar{t}	Mean travel time(sec)
T_h	Headway(sec)
T_i	Arrival time of i -th vehicle(sec)
$\overline{T_h}$	Mean headway(sec)
O	Occupancy(%)
$(t_o)_i$	Time that detector is occupied by i -th vehicle(sec)
D_h	Headway distance(m)
K	Density(veh/km)
β_j	Regression coefficients($j=0, 1, 2, 3$)
r	Correlation coefficients
$(K_{cal})_i$	i -th design hourly factor estimate calculated
$(K_{exp})_i$	i -th design hourly factor estimate expected
n	Number of paired samples
t	t statistic of Matched pairs samples
s_D	Standard deviation of difference in K_{cal} and K_{exp}

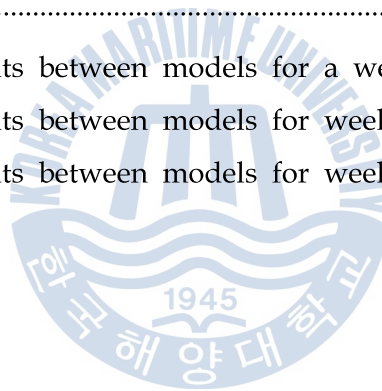
\bar{D}	Mean of difference in K_{cal} and K_{exp}
D_i	Difference in K_{cal} and K_{exp}
K	design hourly factor estimate
Q_i	Traffic volume of $i-th$ hour(veh)



List of Tables

Table 3. 1	Geometry of Expressways under the study	15
Table 3. 2	Flow statistics in Expressway Ex-10 for weekday	20
Table 3. 3	Flow statistics in Expressway Ex-10 for weekend	20
Table 3. 4	Flow statistics in Expressway Ex-1 for weekday	23
Table 3. 5	Flow statistics in Expressway Ex-1 for weekend	24
Table 3. 6	Speed statistics in Expressway Ex-10 for weekday	31
Table 3. 7	Speed statistics in Expressway Ex-10 for weekend	31
Table 3. 8	Speed statistics in Expressway Ex-1 for weekday	34
Table 3. 9	Speed statistics in Expressway Ex-1 for weekend	35
Table 3.10	Occupancy statistics in Expressway Ex-10 for weekday	42
Table 3.11	Occupancy statistics in Expressway Ex-10 for weekend	42
Table 3.12	Occupancy statistics in Expressway Ex-1 for weekday	45
Table 3.13	Occupancy statistics in Expressway Ex-1 for weekend	46
Table 3.14	Headway statistics in Expressway Ex-10 for weekday	53
Table 3.15	Headway statistics in Expressway Ex-10 for weekend	53
Table 3.16	Headway statistics in Expressway Ex-1 for weekday	56
Table 3.17	Headway statistics in Expressway Ex-1 for weekend	57
Table 3.18	Density statistics in Expressway Ex-10 for weekday	64
Table 3.19	Density statistics in Expressway Ex-10 for weekend	64
Table 3.20	Density statistics in Expressway Ex-1 for weekday	67
Table 3.21	Density statistics in Expressway Ex-1 for weekend	68
Table 4. 1	K-statistics in Expressways under the study	72
Table 4. 2	K-statistics in Expressways for weekday	74
Table 4. 3	K-statistics in Expressways for weekend	81
Table 5. 1	Directional K-models in Ex-10 and Ex-1 for a week	93
Table 5. 2	Directional K-models in Ex-10 and Ex-1 for weekday	94
Table 5. 3	Directional K-models in Ex-10 and Ex-1 for weekend	95

Table 5. 4	Correlation between K_{cal} and K_{exp} in Ex-10 and Ex-1 for a week	107
Table 5. 5	Correlation between K_{cal} and K_{exp} in Ex-10 and Ex-1 for weekday	108
Table 5. 6	Correlation between K_{cal} and K_{exp} in Ex-10 and Ex-1 for weekend	109
Table 5. 7	t-Test results between K_{cal} and K_{exp} in Ex-10 and Ex-1 for a week	110
Table 5. 8	t-Test results between K_{cal} and K_{exp} in Ex-10 and Ex-1 for weekday	111
Table 5. 9	t-Test results between K_{cal} and K_{exp} in Ex-10 and Ex-1 for weekend	112
Table 5.10	RMSE results between models for a week	120
Table 5.11	RMSE results between models for weekday	121
Table 5.12	RMSE results between models for weekend	122



List of Figures

Figure 1. 1	Expressways under the study	2
Figure 1. 2	Process of study	4
Figure 2. 1	Ranked hourly volumes(Source: HCM2000)	6
Figure 2. 2	Ranked hourly volumes(Source: AASHTO)	6
Figure 2. 3	Ranked hourly volumes(Source: Japan Road Association)	8
Figure 2. 4	Ranked hourly volumes(Source: MLTM)	11
Figure 3. 1	3D Flow graph in Expressway Ex-10	18
Figure 3. 2	3D Flow graph in Expressway Ex-1	19
Figure 3. 3	Flow distribution in Ex-10(EB)	21
Figure 3. 4	Flow distribution in Ex-10(WB)	21
Figure 3. 5	Average flow distribution in Ex-10(EW)	22
Figure 3. 6	Flow distribution in Ex-1(NB)	24
Figure 3. 7	Flow distribution in Ex-1(SB)	25
Figure 3. 8	Average flow distribution in Ex-1(NS)	25
Figure 3. 9	3D Speed graph in Expressway Ex-10	29
Figure 3.10	3D Speed graph in Expressway Ex-1	30
Figure 3.11	Speed distribution in Ex-10(EB)	32
Figure 3.12	Speed distribution in Ex-10(WB)	32
Figure 3.13	Average speed distribution in Ex-10(EW)	33
Figure 3.14	Speed distribution in Ex-1(NB)	35
Figure 3.15	Speed distribution in Ex-1(SB)	36
Figure 3.16	Average speed distribution in Ex-1(NS)	36
Figure 3.17	3D Occupancy graph in Expressway Ex-10	40
Figure 3.18	3D Occupancy graph in Expressway Ex-1	41
Figure 3.19	Occupancy distribution in Ex-10(EB)	43
Figure 3.20	Occupancy distribution in Ex-10(WB)	43
Figure 3.21	Average occupancy distribution in Ex-10(EW)	44

Figure 3.22	Occupancy distribution in Ex-1(NB)	46
Figure 3.23	Occupancy distribution in Ex-1(SB)	47
Figure 3.24	Average occupancy distribution in Ex-1(NS)	47
Figure 3.25	3D Headway graph in Expressway Ex-10	51
Figure 3.26	3D Headway graph in Expressway Ex-1	52
Figure 3.27	Headway distribution in Ex-10(EB)	54
Figure 3.28	Headway distribution in Ex-10(WB)	54
Figure 3.29	Average headway distribution in Ex-10(EW)	55
Figure 3.30	Headway distribution in Ex-1(NB)	57
Figure 3.31	Headway distribution in Ex-1(SB)	58
Figure 3.32	Average headway distribution in Ex-1(NS)	58
Figure 3.33	3D Density graph in Expressway Ex-10	62
Figure 3.34	3D Density graph in Expressway Ex-1	63
Figure 3.35	Density distribution in Ex-10(EB)	65
Figure 3.36	Density distribution in Ex-10(WB)	65
Figure 3.37	Average density distribution in Ex-10(EW)	66
Figure 3.38	Density distribution in Ex-1(NB)	68
Figure 3.39	Density distribution in Ex-1(SB)	69
Figure 3.40	Average density distribution in Ex-1(NS)	69
Figure 4. 1	3D K-graph in Ex-10	72
Figure 4. 2	3D K-graph in Ex-1	73
Figure 4. 3	3D K-graph in Ex-10(EB) for weekday	75
Figure 4. 4	3D K-graph in Ex-10(WB) for weekday	75
Figure 4. 5	3D K-graph in Ex-1(NB) for weekday	76
Figure 4. 6	3D K-graph in Ex-1(SB) for weekday	76
Figure 4. 7	Peak-K in Ex-10(EB) for weekday	77
Figure 4. 8	Peak-K in Ex-10(EB) for weekday	77
Figure 4. 9	Peak-K in Ex-10(WB) for weekday	78
Figure 4.10	Peak-K in Ex-10(WB) for weekday	78
Figure 4.11	Peak-K in Ex-1(NB) for weekday	79

Figure 4.12	Peak-K in Ex-1(NB) for weekday	79
Figure 4.13	Peak-K in Ex-1(SB) for weekday	80
Figure 4.14	Peak-K in Ex-1(SB) for weekday	80
Figure 4.15	3D K-graph in Ex-10(EB) for weekend	82
Figure 4.16	3D K-graph in Ex-10(WB) for weekend	82
Figure 4.17	3D K-graph in Ex-1(NB) for weekend	83
Figure 4.18	3D K-graph in Ex-1(SB) for weekend	83
Figure 4.19	Peak-K in Ex-10(EB) for weekend	84
Figure 4.20	Peak-K in Ex-10(EB) for weekend	84
Figure 4.21	Peak-K in Ex-10(WB) for weekend	85
Figure 4.22	Peak-K in Ex-10(WB) for weekend	85
Figure 4.23	Peak-K in Ex-1(NB) for weekend	86
Figure 4.24	Peak-K in Ex-1(NB) for weekend	86
Figure 4.25	Peak-K in Ex-1(SB) for weekend	87
Figure 4.26	Peak-K in Ex-1(SB) for weekend	87
Figure 5. 1	K-models in Ex-10(EB) for a week	96
Figure 5. 2	K-models in Ex-10(WB) for a week	96
Figure 5. 3	K-models in Ex-1(NB) for a week	97
Figure 5. 4	K-models in Ex-1(SB) for a week	97
Figure 5. 5	K-models in Ex-10(EW) for a week	98
Figure 5. 6	K-models in Ex-1(NS) for a week	98
Figure 5. 7	K-models in Ex-10(EB) for weekday	99
Figure 5. 8	K-models in Ex-10(WB) for weekday	99
Figure 5. 9	K-models in Ex-1(NB) for weekday	100
Figure 5.10	K-models in Ex-1(SB) for weekday	100
Figure 5.11	K-models in Ex-10(EB) for weekend	101
Figure 5.12	K-models in Ex-10(WB) for weekend	101
Figure 5.13	K-models in Ex-1(NB) for weekend	102
Figure 5.14	K-models in Ex-1(SB) for weekend	102
Figure 5.15	K-models in Ex-10(EW) for weekday	103

Figure 5.16	K-models in Ex-1(NS) for weekday	103
Figure 5.17	K-models in Ex-10(EW) for weekend	104
Figure 5.18	K-models in Ex-1(NS) for weekend	104
Figure 5.19	K-model verification in Ex-10(EB) for a week	113
Figure 5.20	K-model verification in Ex-10(WB) for a week	113
Figure 5.21	K-model verification in Ex-1(NB) for a week	114
Figure 5.22	K-model verification in Ex-1(SB) for a week	114
Figure 5.23	K-model verification in Ex-10(EB) for weekday	115
Figure 5.24	K-model verification in Ex-10(WB) for weekday	115
Figure 5.25	K-model verification in Ex-1(NB) for weekday	116
Figure 5.26	K-model verification in Ex-1(SB) for weekday	116
Figure 5.27	K-model verification in Ex-10(EB) for weekend	117
Figure 5.28	K-model verification in Ex-1(NB) for weekend	117
Figure 5.29	K-model verification in Ex-1(SB) for weekend	118
Figure 5.30	SE shifts in Ex-10(EB) for a week	123
Figure 5.31	SE shifts in Ex-10(WB) for a week	123
Figure 5.32	SE shifts in Ex-1(NB) for a week	124
Figure 5.33	SE shifts in Ex-1(SB) for a week	124
Figure 5.34	SE shifts in Ex-10(EB) for weekday	125
Figure 5.35	SE shifts in Ex-10(WB) for weekday	125
Figure 5.36	SE shifts in Ex-1(NB) for weekday	126
Figure 5.37	SE shifts in Ex-1(SB) for weekday	126
Figure 5.38	SE shifts in Ex-10(EB) for weekend	127
Figure 5.39	SE shifts in Ex-1(NB) for weekend	127
Figure 5.40	SE shifts in Ex-1(SB) for weekend	128

Regression Models on Design Hourly Factor Estimate(K) Distribution in Expressway

Kwang Sik, Shin

*Department of Civil and Environmental Engineering,
Graduate School, Korea Maritime University, Busan Korea*

Abstract

Expressways are arterial highways that provide users for high levels of safety and efficiency with full control of access for through traffic in the expressway. However, most of expressways are suffering from traffic congestion caused by highly mixed rate of heavy vehicles and concentration of vehicles depending on the time period in the Expressways. Thus, expressway traffic characteristics-related studies are strongly needed to improve the travel system in the expressway basic segments.

The purpose of this study was to collect the traffic flow characteristics (volume, speed, headway, occupancy, and density, etc.) in the major expressway basic segments, analyze the traffic flow characteristic variables, especially design hourly factor estimate(K) calculated in the expressway basic segments, construct the appropriate regression models between occupancy and design hourly factor estimate(K), and finally select the most appropriate model having the less root mean square error(RMSE) shifts between the calculated and expected design hourly factor estimate in the expressway basic segments.

From the traffic characteristic analyses, regression models between design hourly factor estimate(K) and occupancy in the expressway basic segments, the following conclusions were drawn:

i) Traffic characteristic analyses were found to show a considerable difference in the weekday and weekend traffic characteristics in the expressway basic segments, and also in the directional traffic characteristics of the same expressway basic segments. So, it was needed to establish the expressway traffic management system based on the weekday, weekend, and directional traffic characteristics for improving the efficiency of expressway.

ii) Occupancy in the expressway basic segments was found to show a highly positive correlation with design hourly factor estimate(K), and relationship between design hourly factor estimate(K) and occupancy was especially found to show the Linear, Quadratic, Cubic and Power regression forms with the high determination coefficients (R^2) of 0.9 or higher. So, it was needed to verify those regression models with correlation analysis and t-Test for matched pairs sample between calculated and expected design hourly factors.

iii) Correlation analysis between calculated and expected design hourly factors was found to show the highly positive correlation coefficients (r) of 0.923~0.992, and t-Test for matched pairs sample between those calculated and expected design hourly factors was especially found to fall inside the Accept or Reject regions at the 95 percent confidence level depending on the models. So, it was needed to select the regression model falling inside the Accept regions by t-Test for matched pairs sample.

iv) Linear model was found to show a high explanatory power and

validity in predicting K in case of not dividing a week into weekday and weekend, but Linear, Quadratic, Cubic or Power model was found to show a high explanatory power and validity in predicting K depending on the direction of expressways in case of dividing a week into weekday and weekend. So, it was needed to select the most appropriate regression model depending on weekday, weekend or direction of expressways.



1. 서론

1.1 연구 배경

국내 도로용량편람(2005)에 따르면, ‘고속도로(Expressways)란 중앙분리대가 설치되어 있고, 한 방향 2차로 이상의 차로를 가진 최상급 도로로서, 이 도로를 이용하는 차량은 반드시 연결로를 통해서만 본선으로 출입할 수 있는 완전 출입통제 방식을 취하는 도로다.’라고 정의되어 있다. 이러한 국내 고속도로는 자동차 전용도로로서 고속국도와 도시고속도로로 구분되어 있고, 특히 고속국도는 지역 간 주요 연계교통시설로서 개인교통수단의 이동성(mobility) 향상 및 접근성(accessibility) 개선 그리고 화물교통수단의 수송능력 증진에 막대한 기여를 하고 있으나, 국가경제발전과 함께 생활수준의 향상과 활동영역의 확대에 고속도로의 이용차량이 계속 증가함으로써 고속도로의 주요 진출입 연결로와 기·종점부에서는 극심한 교통정체에 시달리고 있는 상황이다(조, 2012; Kim et al., 2003).

그러나 국내 고속도로의 교통문제를 해결하는 데에는 한계에 직면할 수밖에 없다. 왜냐하면 고속도로를 새롭게 건설하거나 추가하기 위해서는 막대한 국가 예산과 오랜 기간이 소요되지만, 설사 막대한 예산을 투입하여 고속도로를 새롭게 건설한다고 해도 고속도로 주변지역의 추가 개발에 따른 새로운 통행수요의 발생으로 고속도로의 교통정체는 한층 더 심화될 수밖에 없기 때문에 국가 예산이 허용되는 범위 내에서 고속도로의 건설 및 확충에 치중함과 동시에 기존 고속도로에 대한 통행특성연구를 통해 실시간의 이용자 정보제공 및 관리시스템(advanced traveler information systems and advanced traveler management systems, ATIS/ATMS)과 같은 교통관리개선방안을 모색함으로써 고속도로의 통행량 집중으로 인한 교통정체를 완화시킬 필요가 있다(김 등, 2010; 박 등, 2004; 장 등, 2003; Thompson, 1997).

그리하여 본 연구에서는 아래 **Figure 1.1**과 같이 동서축인 남해고속도로

(Ex-10)의 창원과 부산사이 8차로 기본구간과 남북축인 경부고속도로(Ex-1)의 울산과 부산사이 6차로 기본구간을 대상으로 설계시간계수 추정치(K)의 분포연구를 통해 고속도로 교통관리개선방안에 조금이나마 기여하고자 한다.

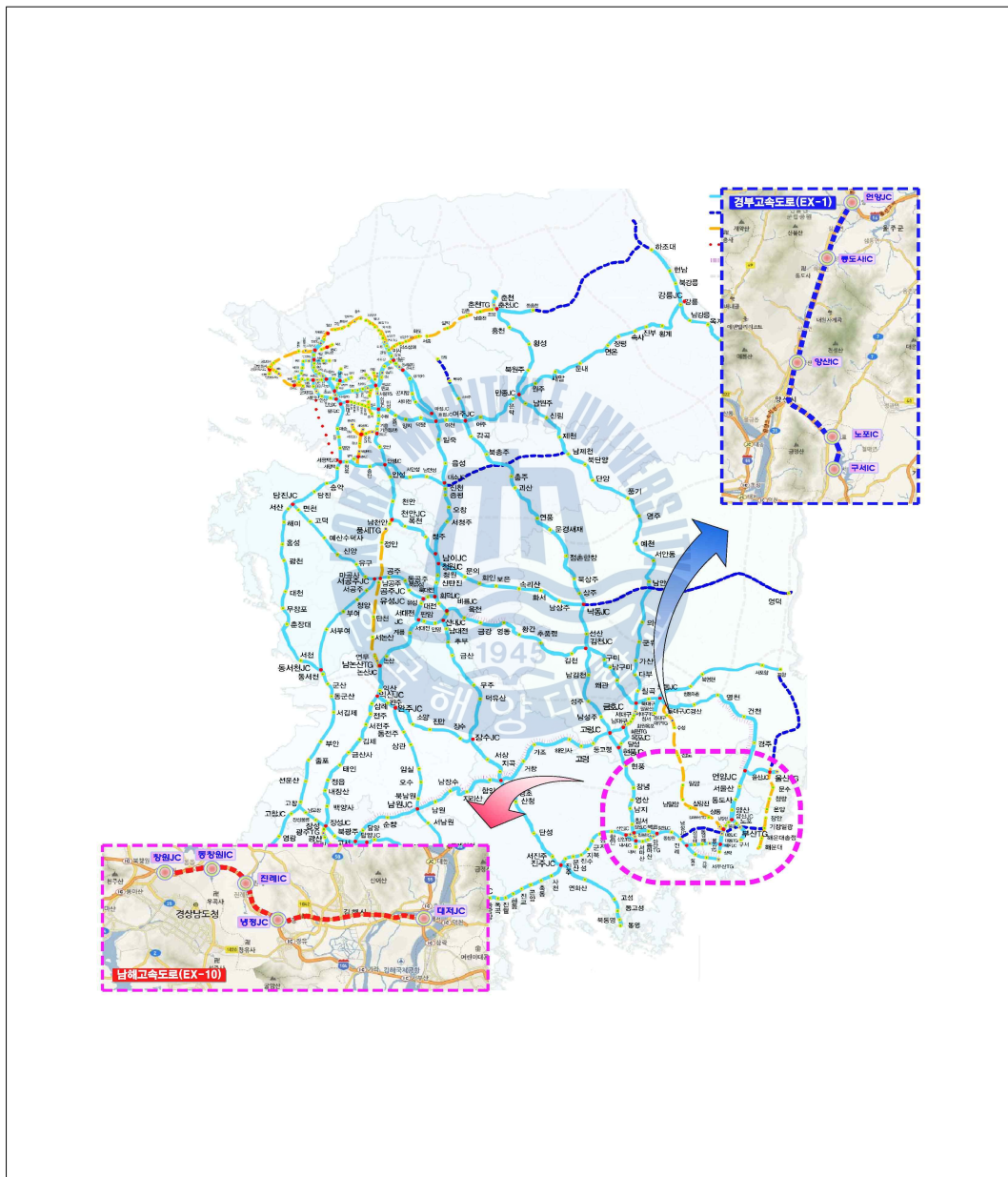


Figure 1.1 Expressways under the study

1.2 연구 목적

일반적으로 고속도로는 기본구간, 엇갈림구간 그리고 연결로 및 연결로 접속부로 구성되어 있으며, 대용량의 교통수요를 가장 안전하고 신속하게 처리하기 위한 간선도로시설로서 입체교차를 원칙으로 양방향의 분리 운영되고 있다(국토해양부, 2005). 그러나 대부분의 국내 고속도로는 주요 거점도시를 중심으로 건설되어 있어서 거점도시와 주변 도시들과 연계체계가 미비하기 때문에 거점도시로 통하는 고속도로의 교통수요가 상대적으로 높아서 출퇴근시간대에 관계없이 교통정체가 발생하고 있으며, 특히 고속도로 Ex-1과 Ex-10은 남북방향과 동서방향의 핵심 교통축으로서 요일별 시간별 방향별 통행량이 현저한 차이로 인하여 종종 교통정체가 발생하는 고속도로들이다.

따라서 본 연구에서는 고속도로의 교통정체가 인위적으로 발생되지 않는 고속도로 Ex-1과 Ex-10의 기본구간을 대상으로 설계시간계수(design hourly factor, K)의 추정치 분포연구를 위해 요일별 시간별 방향별 교통특성자료(교통량, 속도, 차두시간, 점유율 및 밀도 등)를 수집 분석하고, 고속도로의 설계시간교통량(design hourly volume, DHV)의 기준이 되는 설계시간계수(지방부 고속도로의 설계시간계수: 0.12~0.18, 도시부 고속도로의 설계시간계수: 0.08~0.12)를 토대로 고속도로 Ex-1과 Ex-10의 설계시간계수 추정치를 비교 분석하며, 더불어 차량 점유율(occupancy)과 설계시간계수 추정치분포의 회귀모형을 구축하고자 한다.

1.3 연구 진행과정

본 연구가 위의 연구목적을 위해서는 아래와 같은 단계적 연구진행과정이 요구된다.

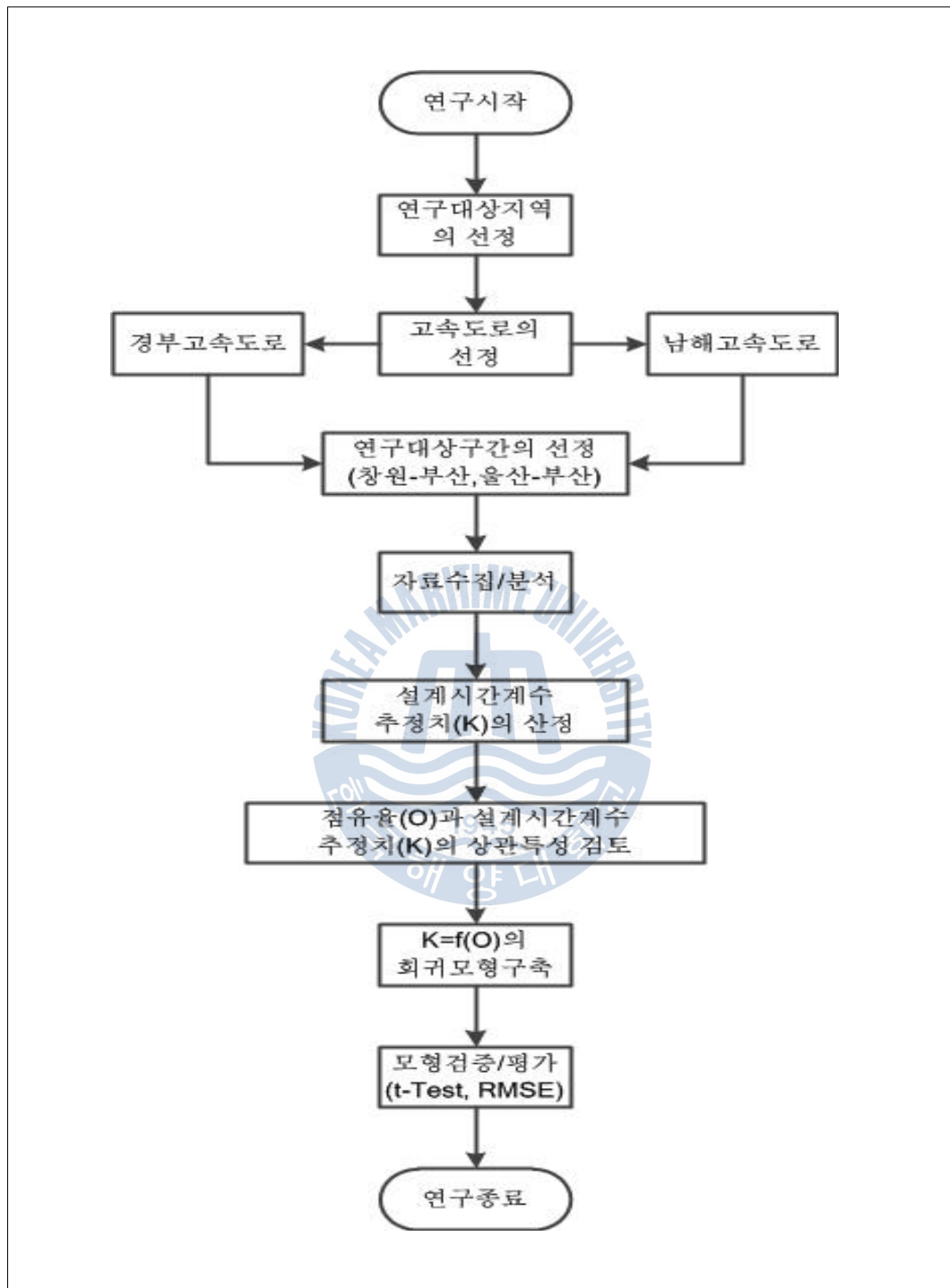


Figure 1.2 Process of study

2. 문헌연구

2.1 국외 문헌

설계시간계수(K)와 관련하여 미국의 HCM(2000)에서는 “설계시간계수는 분석시간에 발생하는 시간교통량(hourly volume, HV)에 대한 연평균일교통량(annual average daily traffic, AADT)의 비율이라고 말하는데, 흔히 소수(decimal fraction)로 표현된다. 일반적으로 도로상의 연평균일교통량(AADT)가 증가하면 설계시간계수는 감소하게 되고, 높은 수치의 설계시간계수가 낮은 수치의 설계시간계수에 비해 감소율이 더 빠르게 나타나고 있으며, 개발밀도가 증가하면 설계시간계수는 감소하게 된다. 또한 설계시간계수가 여가시설이 밀집된 도로시설에서 가장 높게 나타나고, 다음으로 지방부 도로시설, 교외 도로시설 그리고 도시부 도로시설 순으로 점점 감소하는 것으로 나타나고 있다. 그리고 가능하다면 유사한 통행수요특성을 가지는 유사한 시설에 대한 지역 자료를 바탕으로 설계시간계수가 결정되어야 한다.”라고 보고하고 있고(참조 Figure 2.1), 미국의 AASHTO(2001)에서는 “일반적으로 도로설계에 사용되는 시간교통량이란 일 년 동안의 시간교통량 중에서 30번째로 높은 시간교통량으로 30번째 시간교통량지점을 기준으로 좌측에서는 곡선이 급격히 감소하다가 우측에서는 다소 완만하게 감소하는 곡선형태를 취하게 된다. 전형적으로 교통량의 변화가 심하지 않는 지방부 도로에서 30번째 시간교통량은 일평균교통량(average daily traffic, ADT)의 약 15%에 해당하고, 일평균교통량의 약 25%에 해당하는 최대 시간교통량은 30번째 시간교통량에 비해 약 67%정도 증가하는 것으로 나타나며, 일평균교통량의 약 11.5%에 해당하는 170번째 시간교통량은 30번째 시간교통량에 비해 약 23%정도 감소하는 것으로 나타난다.”고 보고하고 있다(참조 Figure 2.2).

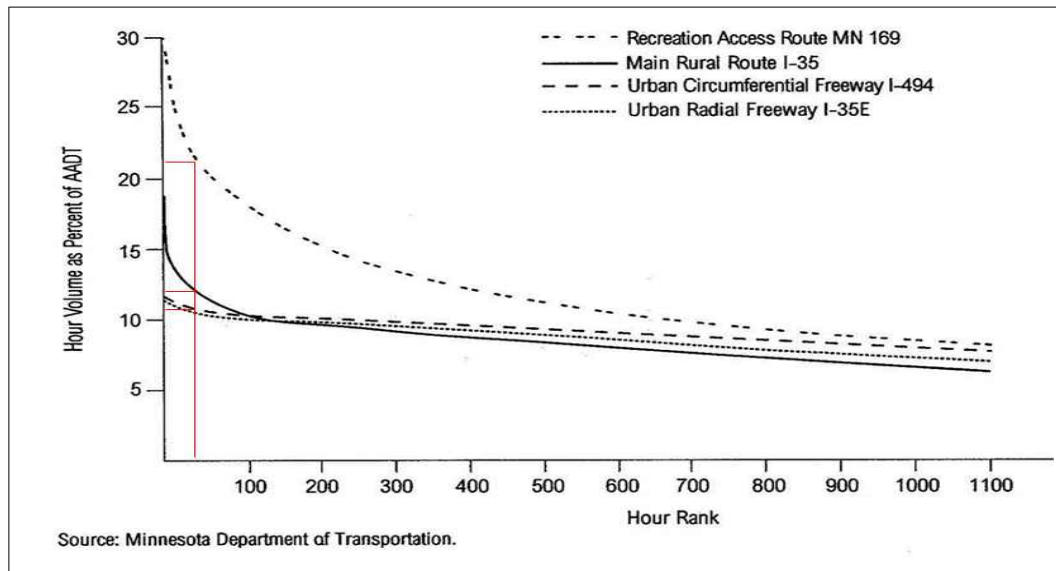


Figure 2.1 Ranked hourly volumes(Source: HCM2000)

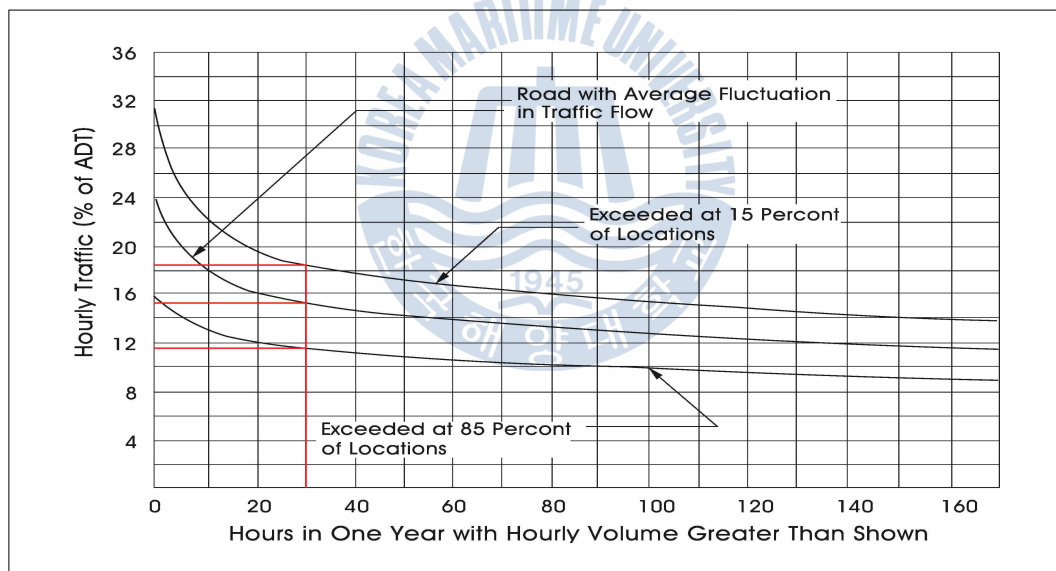


Figure 2.2 Ranked hourly volumes(Source: AASHTO)

그리고 미국의 Garber and Hoel(1988)은 “설계시간계수는 30번째로 높은 시간교통량계수로서 30번째로 높은 시간교통량과 일평균교통량의 비율로 산정된다. 특히, 30번째로 높은 시간교통량이란 설계시간교통량이라고 하고 1년 365일(8,760시간)의 일평균교통량에 대한 시간별 교통량의 비율로서 비율이 높은

순서로 배열된 분포에서 비율이 급격히 감소하다 완만해지는 경계지점을 30번째 설계시간계수(K_{30})라고 하는데 이를 바탕으로 설계시간교통량을 산정한다.”고 보고하고 있고, Walker(2004)는 “지난 20여 년 전만해도 30번째 시간교통량을 도로설계에 채택했다. 그러나 최근에 지방부 도로에 대한 교통량 관측 장치의 분석결과에 따르면 기존 연구에서도 지적되었듯이 30번째 설계시간계수가 안정적으로 유지되기보다는 오히려 시간이 지나면서 다소 감소하는 경향을 보이고 있다. 이러한 30번째 시간교통량은 지난 1946년부터 1953년까지 미국의 26개주 지방부 도로 위에 설치된 160개 지점의 교통량 수집 장치로부터 수집된 자료 분석결과를 토대로 하고 있는데, 자료 관측기간 동안 설계시간계수의 평균수치는 연평균 11%의 감소율을 보였고, 지점별 감소율에서는 상당한 변화를 보였다. 특히 1일 3,000대 이상의 교통량이 있는 도로에서는 3,000대 미만의 교통량이 있는 도로에 비해 감소율이 급감하는 것으로 나타났고, 30번째 설계시간계수가 0.15이상에서는 0.15이하에서 보다 감소율이 더 급감하는 것으로 나타났다.”고 보고하고 있으며, Crownover(2006)는 “Oregon지역에서 3개의 단기 관측자료(48시간 자료, 72시간 자료 그리고 7일간 자료)와 2개의 일평균교통량자료(ADT와 AADT)를 토대로 설계시간계수 추정치와 30번째 시간교통량의 설계시간계수를 이용하여 설계시간계수의 추정기법에 대한 연구를 수행하였다. 결과적으로 7일간 자료와 일평균교통량자료를 중심으로 추정한 설계시간계수는 연평균일교통량자료를 토대로 한 30번째 시간교통량의 설계시간계수에 가장 근접하게 나타났고, 특히 자료관측지점이 주말에 낮은 교통량을 갖는 출퇴근지역의 도로시설이라면 설계시간계수 추정치와 30번째 시간교통량의 설계시간계수는 거의 일치하는 것으로 나타났으며, 관측지점이 관광지역에 접한 도로시설이라면 설계시간계수 추정치가 30번째 시간교통량의 설계시간계수보다 약간 높게 나타났다.”고 보고하고 있다.

또한 일본의 Japan Road Association(1999)에서는 “설계시간교통량은 해당 노선 교통량의 변동 특성을 반영하여 계획교통량으로부터 결정되고, 계획목표 년도의 30번째로 높은 시간교통량을 설계시간교통량으로 지정하며, 대체적으로

1974년과 1976년 사이에 일본 국토교통성의 교통량 상시조사결과를 토대로 하고 있다.”고 보고하고 있다(참조 Figure 2.3).

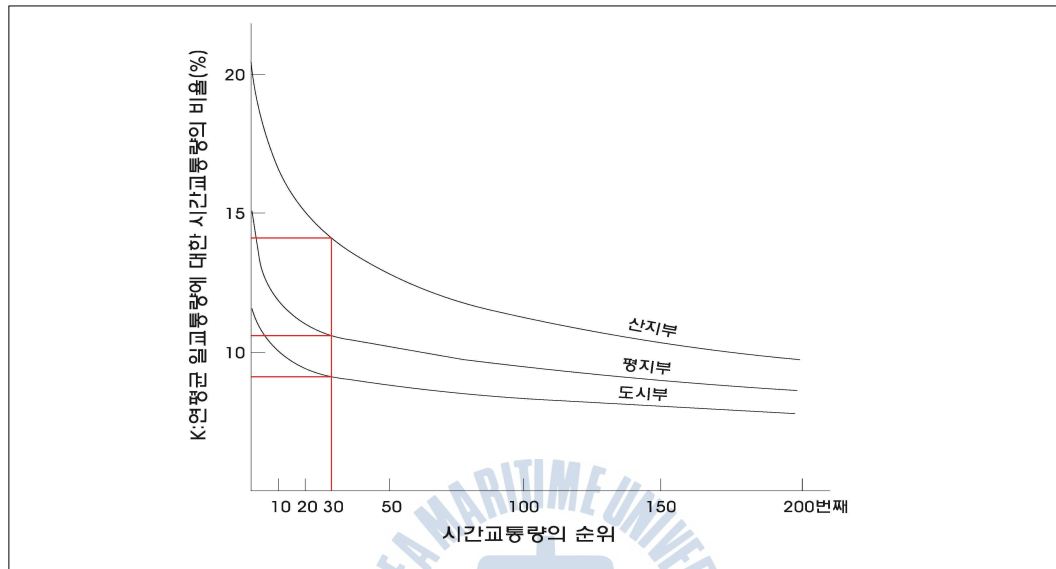


Figure 2.3 Ranked hourly volumes(Source: Japan Road Association)

한편 점유율과 관련하여 미국의 May(1990)는 “차량 점유율은 밀도를 대신 하여 사용될 수 있고 차량이 검지기를 점유하고 있는 시간의 비율로서 결정되며, 점유율은 예측, 전송 및 계산하기가 쉽고 또한 고속도로의 제어시스템을 위한 제어변수로서 사용되는 매우 중요한 교통류특성이다.”라고 보고하고 있고, Kim and Hall(2004)은 “차량의 평균길이를 반영한 점유율과 밀도의 관계 연구에서 다양한 교통상황에서 뿐만 아니라 점유율-밀도의 도표를 나타내볼 때 점유율과 밀도사이에는 선형성을 보이는 것으로 나타났고 선형관계는 차량의 길이변화에 영향을 받는 것으로 나타났으며 특히, 대형트럭의 비율이 점유율과-밀도의 선형관계에 상당한 효과를 미치는 것으로 나타났다.”고 보고하고 있다.

2.2 국내 문헌

설계시간계수와 관련하여 국내의 도로설계기준(2005)에서는 “설계시간계수란 연평균 일교통량에 대한 설계시간교통량의 비율(백분율)이고, 이 계수는 하루 교통량 중 어느 정도의 교통량을 시간 교통량으로 볼 것인가를 결정해주는 값이다. 일반적으로 대상 도로구간의 상시교통량 조사에서 나타난 1년간의 시간 교통량을 순서대로 나열하여 각 시간 교통량을 나타내는 점들을 완만한 곡선으로 연결한 후 곡선의 기울기가 급격히 변하는 지점의 교통량을 설계시간교통량으로 정할 수 있는데, 설계시간계수는 기울기가 급격히 변하는 지점의 시간 교통량을 연평균일교통량으로 나누어 얻은 값이다.”라고 보고하고 있고, 국내 도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙(2008)에서는 “일반적으로 연평균 일교통량의 증가와 함께 그 대상도로 구간의 30번째 설계시간계수는 감소하고, 30번째 설계시간계수가 높을수록 교통량의 변화가 심하며, 대상도로 구간 인접지역의 개발이 많을수록 30번째 설계시간계수는 감소하고, 관광도로에서 30번째 설계시간계수가 가장 높게 나타나며, 지방부 도로, 도시외곽도로, 도시부 도로 순으로 30번째 설계시간계수가 낮게 나타난다.”고 보고하고 있다(참조 Figure 2.4).

그리고 하·김(2008)은 “상시 교통량 자료를 이용한 설계시간계수의 추정연구에서 시간대별 교통량의 변동계수(coefficient of variance), 시간대별 교통량의 표준편차, 첨두시간교통량과 도로의 특성을 파악할 수 있는 중차량비율, 주야비율, 연평균일교통량과 중방향계수(directional split, D) 등의 변수를 독립변수로 하여 각 변수들과 설계시간계수의 상관분석 및 회귀분석을 이용하여 설계시간교통량을 추정한 결과, 대부분의 변수들이 곡선형태로 나타났고, 선형회귀분석보다 곡선회귀분석이 더 적합한 것으로 나타났으며, 연평균일교통량을 독립변수로 하는 대수모형(LOG)의 설명력이 가장 높은 것으로 나타났다.”고 보고하고 있고, 강(2011)은 “전통적인 설계시간교통량 추정방법을 이용하여 도시부와 지방부 고속도로의 설계시간교통량 순위도 곡선을 작성함으로써 교통 혼잡

이 주로 발생하는 명절기간(설날, 추석 등)과 주말의 시간교통량 순위를 파악하였고, 도시부 고속도로를 대상으로 혼잡한 명절기간과 주말의 시간교통량 순위가 의외로 낮은 순위에 존재한다는 사실을 발견함으로써 전통적인 설계시간교통량 추정방법에 문제점을 제시하였으며, 합리적인 도로계획 및 설계를 위해서는 용량을 초과하여 대기행렬이 형성되고 속도가 감소하는 첨두시간교통량을 통행수요로 전환하여 설계시간계수를 추정하는 대칭이동 방법을 고려할 필요가 있다.”고 보고하고 있으며, 오 등(2007)은 “일반국도를 대상으로 30번째 설계시간계수의 시계열적인 특성 분석에 관한 연구에서 도로설계 시 차로수 결정에 사용되는 적정 설계시간계수의 특성분석과 적정 설계시간계수를 적용하는데 있어 세부기준을 제시하고자 하였다. 이를 위해 국내 93개 일반국도의 상시교통량 조사지점에서 8년 동안 수집한 시간교통량 및 연평균일교통량 자료를 이용하여 연평균일교통량 증가와 시간적 변화에 따른 설계시간계수의 변화를 회귀모형을 통해 분석하였고, 회귀모형은 30번째 시간교통량을 독립변수로 연평균일교통량을 종속변수로 하는 상수항이 없는 단순 회귀식으로 구성하였다. 특히, 회귀식은 차로수 구분(2차로, 4차로)과 연평균일교통량 수준(3개 그룹)에 따라 별도로 적용하였는데, 제안한 회귀모형은 추정오차가 작고 모형의 설명력이 높게 나타났으며, 설계시간계수의 시계열적인 변동특성 분석결과, 설계시간계수의 연도별 변화가 크지 않고 차로수 또는 교통량이 클수록 작아지는 특성이 뚜렷하게 확인되었으나 기존방법에서 채택하고 있는 30번째 혹은 100번째 순위의 설계시간계수가 부합된다는 가정 하에 분석한 것이기 때문에 주 5일제 확대에 따른 여가통행 증가나 도로의 지역적 교통특성 등에 따른 설계시간계수 변화를 반영하지 못하고 있어 향후에 국내 여건에 적합한 최적순위의 설계시간계수 제시를 위한 추가연구가 필요하다.”고 보고하고 있다.

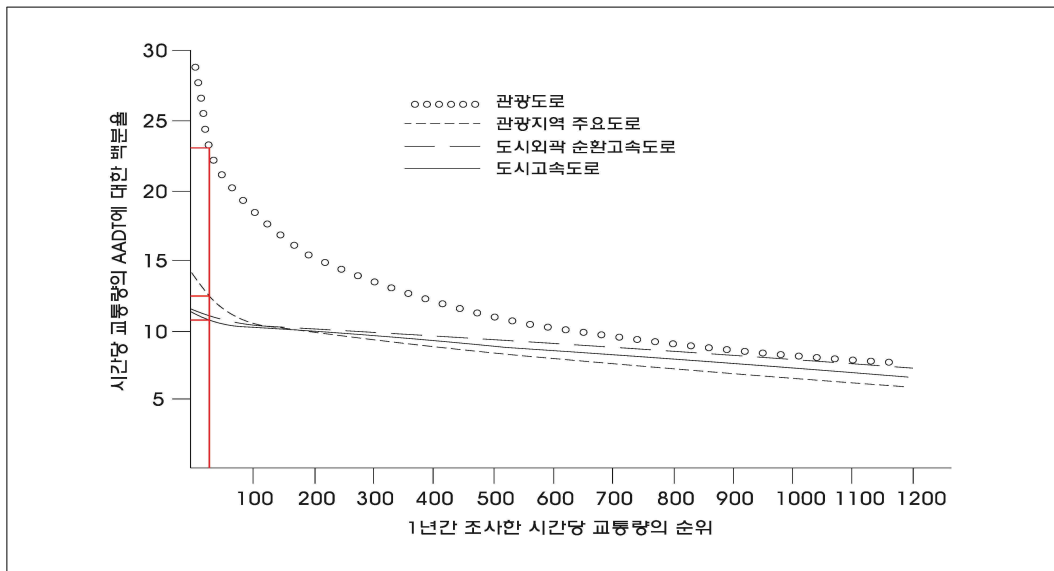


Figure 2.4 Ranked hourly volumes(Source: MLTM)

또한 백 등(2007)은 “차량검지기자료를 이용한 고속도로 설계시간계수의 산정 연구에서 서해안 고속도로의 연간 시간대별 교통량자료를 이용하여 고속도로 설계시간계수의 분석을 통해 정기교통량조사 자료로는 실제 시간교통량 특성을 제대로 반영하기 어렵다는 사실을 알게 되었다. 특히, 정기교통량조사 자료를 이용한 평균설계시간계수는 기존 지침이나 연구에서 제시되었던 결과와 다르게 산출되었고, 기존 지침과 상반되게 도시부가 지방부보다 더 높게 나타난 반면, 차량검지기자료를 이용한 설계시간계수는 기존 지침에서 제시된 설계시간계수와 비교하여 도시부는 유사하게, 지방부는 약간 높게 산출됨으로써 정기교통량 자료를 이용하는 것보다 차량검지기 자료를 이용하여 산정한 설계시간계수가 기존 관련지침에 제시된 값들과 비교적 유사한 결과를 도출하는 것으로 분석되었다.”고 보고하고 있고, 진(2010)은 “고속도로 노선별, 구간별 설계시간계수산정을 위한 변곡점 추정 방법에 관한 연구에서 일률적이고 획일적으로 적용된 30번째 순위 시간교통량이 아닌 순위곡선모형을 통해 공학적이고 체계적인 변곡점 추정방법을 제안하고 전국 고속도로 노선별, 구간별 설계시간계수를 제시하였다. 특히, 순위곡선모형은 파워모형과 대수모형 중에서 설명변

수가 높은 모형으로 결정하였고 변곡점 추정에서 30번째 설계시간계수와 변곡점 K는 평균 0.0192의 차이를 보였으며 표준편차는 0.0204로 분석되었는데, 이에 대한 t-TEST 검증결과 30번째 설계시간계수와 변곡점 K는 동일하지 않은 것으로 분석됨으로써 동일 노선이라도 평균값이 아닌 구간별로 설계시간계수를 적용하여 차로수를 산정해야 과소 과다 설계를 미연에 방지할 수 있다.”고 보고하고 있으며, 원(2008)은 “기존의 설계시간계수산정방식이 모호하고 정성적이며 도로운영자측면에서는 서비스 목표가 정확하지 않는 단점이 있어 기존의 설계시간교통량 산정방식의 대안으로 새로운 설계시간계수인 서비스 목표계수를 제안하였는데, 이는 정책결정자나 도로 운영자의 서비스 목표에 따라 그 설계시간계수를 결정하는 방식으로 서비스 목표는 계획목표년도의 연간 총이용교통량에 특정 백분율이 목표서비스수준 이상으로 통행 가능하게 하는 것으로 정의하였으며 서비스 목표계수는 서비스 목표를 가능하게 하는 설계시간교통량을 산정하기 위한 설계시간계수로서 중방향설계시간교통량(directional design hourly volume, DDHV)에 대한 비율로 정의하고 전국의 고속도로를 5개의 유형으로 구분하여 서비스 목표계수를 제안한다.”고 보고하고 있다.

한편, 점유율과 관련하여 이·천(1999)은 “고속도로의 밀도와 점유율관계 분석 연구에서 고속도로의 기본구간에서의 밀도와 점유율의 상호관계 분석을 통해 교통류 와해구간 이전인 비정체 영역에서 상당히 높은 정도의 선형관계가 성립한다.”고 보고하고 있고, 김(2000)은 “고속도로 진출입램프 접속부상의 지체예측모형 구축에 관한 연구에서 하향류 점유율을 기준으로 9%이상일 때 교통류율과 점유율사이에는 지체추정에 상당히 높은 설명력을 보였고, 9%이하일 때 교통류율과 점유율사이에는 지체추정에 상당히 낮은 설명력을 보였다.”고 보고하고 있으며, 김 등(2009)은 “점유율 특성을 이용한 도시고속도로의 서비스수준(LOS)평가에 관한 연구에서 도시고속도로의 기본구간에 대한 각 서비스수준별 밀도와 점유율의 상호 관계에서 LOS A \leq 2%, LOS B \leq 3%, LOS C \leq 6%, LOS D \leq 8%, LOS E \leq 18%, LOS F $>$ 18%로 평가기준을 정할 수 있다.”고 보고하고 있고, 조(2012)은 “점유율과 밀도의 상관특성에 의한 밀도예측모형 구

축에 관한 연구에서 고속도로의 차량 점유율과 밀도사이에 높은 상관성이 존재한다는 사실을 확인하였고 선형과 비선형모형은 방향별 통행량의 집중정도에 따라 다소 차이를 보였는데, 선형 모형을 고려하기 위해서는 적절한 경계밀도가 필요하다.”고 보고하고 있다.

지금까지의 국내·외 문헌연구에서는 설계시간계수의 경우 도시부와 지방부 고속도로의 설계시간계수 추정 및 분석에 집중되어 있고, 점유율의 경우 밀도나 교통류와의 상관관계에 집중되어 있으나, 고속도로의 기본구간을 대상으로 점유율과 설계시간계수 추정치의 상관성 및 회귀모형에 대한 연구는 거의 없었다. 그러므로 본 연구에서는 경부고속도로와 남해고속도로의 기본구간에 대해 점유율과 설계시간계수 추정치의 상관성을 토대로 설계시간계수 추정치분포의 회귀모형을 제시하고자 한다.



3. 자료수집 및 분석

3.1 자료 수집

본 연구의 대상이 된 고속도로 중에서 경부고속도로(Ex-1)는 서울과 부산사이의 고속국도 제1호선으로 아시안 하이웨이(AH1)의 일부로 알려져 있고, 수출입화물차량이 집중되고 있는 제한속도 100km/h의 핵심 고속도로이며, 한국의 남북을 연결하는 대표적인 고속도로(Expressway)로 연장 416Km에 4~10차로의 대표적인 고속도로이다. 또한 남해고속도로(Ex-10)는 전남영암과 부산사이의 고속국도 제10호선으로 한국의 동서방향을 연결하는 대표적인 고속도로로 제한속도 100km/h의 핵심 고속도로이며, 연장 274Km에 4~8차로의 고속도로로 역시 수출입화물차량이 집중되는 고속도로이다.

특히, 본 연구를 위해 제한속도 100km/h에서 동일하게 운영되는 고속도로 Ex-1과 Ex-10의 기본구간으로부터 통행특성자료를 상호 비교하기 위해 방향별로 매 15분단위의 교통특성자료를 2주(2012년 5월 7일~5월 21일까지) 동안 수집하였고, 수집된 자료 중에서 **Figure 1.1**과 같이 경부고속도로의 부산 IC-언양IC구간 중 10km와 남해고속도로의 대저IC-창원IC구간 중 10km내 오류가 없는 5개 지점(spot)의 자료를 중심으로 자료가공을 통해 매 1시간단위의 교통특성 데이터베이스를 구축하였다. 그리고 구축된 교통특성 데이터베이스를 중심으로 자료 분석, 모형 구축 및 검증을 위해 MS Office 2010과 SPSS(Ver. 19.0)등의 소프트웨어를 사용하였으며, 고속도로 Ex-1과 Ex-10의 기하구조의 특성은 아래 **Table 3.1**과 같았다.

Table 3.1 Geometry of Expressways under the study

	Ex-1	Ex-10
No. of lanes	4~10	4~8
Width of lane	3.5m	3.5m
Speed limit	100km/h	100km/h
Right shoulder	≥ 1.5m	≥ 1.5m
Left shoulder	≥ 1.0m	≥ 1.0m

3.2 자료 분석

고속도로 Ex-1과 Ex-10으로부터 각 방향별로 수집한 실시간의 교통특성자료는 자료 분석을 위해 1시간단위의 특성자료로 전환 분류하였다. 특히, 교통량은 매 15분 교통량을 중심으로 1시간 단위 교통류율로 전환하였고, 매 15분 교통량의 평균속도는 1시간 단위 교통류율의 지점평균속도(spot mean speed)로 전환되었으며, 차두시간은 매 15분 교통량의 평균차두시간을 중심으로 1시간 단위 교통류율의 평균차두시간(mean headway)으로 전환하였다. 또한 점유율은 매 15분 교통량의 평균점유율로부터 1시간 단위 교통류율의 평균 점유율로 전환하였고, 밀도는 속도와 차두시간과의 관계를 이용하여 평균밀도(mean density)로 전환한 후에 자료 분석에 사용하였다.

3.2.1 교통량분석

일반적으로 교통량(flow)이란 일정한 시간동안 수집된 차량대수를 의미하는데, 단위시간 교통량의 상호 비교 분석을 위해서 매 1시간 단위의 교통류율(flow rate)로 전환하였고, 교통류율의 단위는 vehicle per hour per lane(veh/h/l)으로 표현되었으며, 다음과 같은 계산과정을 거쳐 특성분석에 사용하였다(조, 2012; 김 등, 2007; TRB, 1975).

$$Q = \frac{N}{T} = \frac{N}{\sum_{i=1}^N h_i} = \frac{1}{\sum_{i=1}^N \frac{1}{q_i}} \quad (3.1)$$

여기서,

- Q : flow rate for 1hour(veh/h)
- N : number of vehicles observed for unit time(veh)
- T : unit time period(15min or 1hour)
- h_i : headway of each flow i (sec)
- q_i : each flow i (veh)

고속도로 Ex-1과 Ex-10의 5개 자료관측지점에 대해 교통량분포를 조사한 결과, 아래의 **Figures 3.1~3.2**에서 보는 바와 같이 요일별 시간별 교통량분포에서 뚜렷한 차이를 보였고, 또한 방향별 통행량분포에서도 서로 다른 첨두 특성을 보였기 때문에 주중과 주말로 구분하여 방향별 통행량특성을 분석하였다.

우선적으로 국내의 고속도로 Ex-10(eastbound, EB)에서는 주중에 최대통행량이 약 860대(veh/h/l)로 평균통행량 약 460대(veh/h/l)와 비교하여 약 86% 정도 증가하였고 최소통행량은 약 60대(veh/h/l)로 평균통행량과 비교하여 약 86%정도 감소한 반면, 주말에는 최대통행량이 약 1,050대(veh/h/l)로 평균통행량 약 520대(veh/h/l)와 비교하여 약 101%정도 증가하였고 최소통행량은 약 60대(veh/h/l)로 평균통행량과 비교하여 약 88%정도 감소한 것으로 나타났다. 특히, 전형적인 출퇴근시간대(오전 7시~9시와 오후 17시~19시)와 비교하여 고속도로 Ex-10(EB)에서는 주중 오후 첨두시간대(PM-Peak: 17시~18시)에 통행량이 약 77%정도 증가하면서 전형적인 업무목적과 퇴근목적의 통행특성을 보였으나 주말 오후 첨두시간대(PM-Peak: 17시~18시)에는 약 93%정도의 통행량 증가와 함께 여가목적과 업무목적의 통행특성을 보인 것으로 나타났다(참조 Tables 3.2~3.3과 Figures 3.3~3.5).

그리고 국내의 고속도로 Ex-10(westbound, WB)에서는 주중에 최대통행량이 약 830대(veh/h/l)로 평균통행량 약 460대(veh/h/l)와 비교하여 약 82%정도 증가하였고 최소통행량은 약 70대(veh/h/l)로 평균통행량보다 약 85%정도 감소한 반면, 주말에는 최대통행량이 약 930대(veh/h/l)로 평균통행량 약 510대(veh/h/l)와 비교하여 약 83%정도 증가하였고 최소통행량 약 70대(veh/h/l)와 비교하여 약 87%정도 감소한 것으로 나타났다. 특히, 전형적인 출퇴근시간대(오전 7시~9시와 오후 17시~19시)와 비교하여 고속도로 Ex-10(WB)에서는 주중 오전 첨두시간대(AM-Peak: 10시~11시)에 통행량이 약 74%정도 증가하면서 전형적인 업무목적의 통행특성을 보였으나 주말 오전 첨두시간대(AM-Peak: 10시~11시)에는 약 74%정도의 통행량 증가와 함께 여가목적과 업무목적의 통행특성을 보인 것으로 나타났다(참조 Tables 3.2~3.3과 Figures 3.3~3.5).



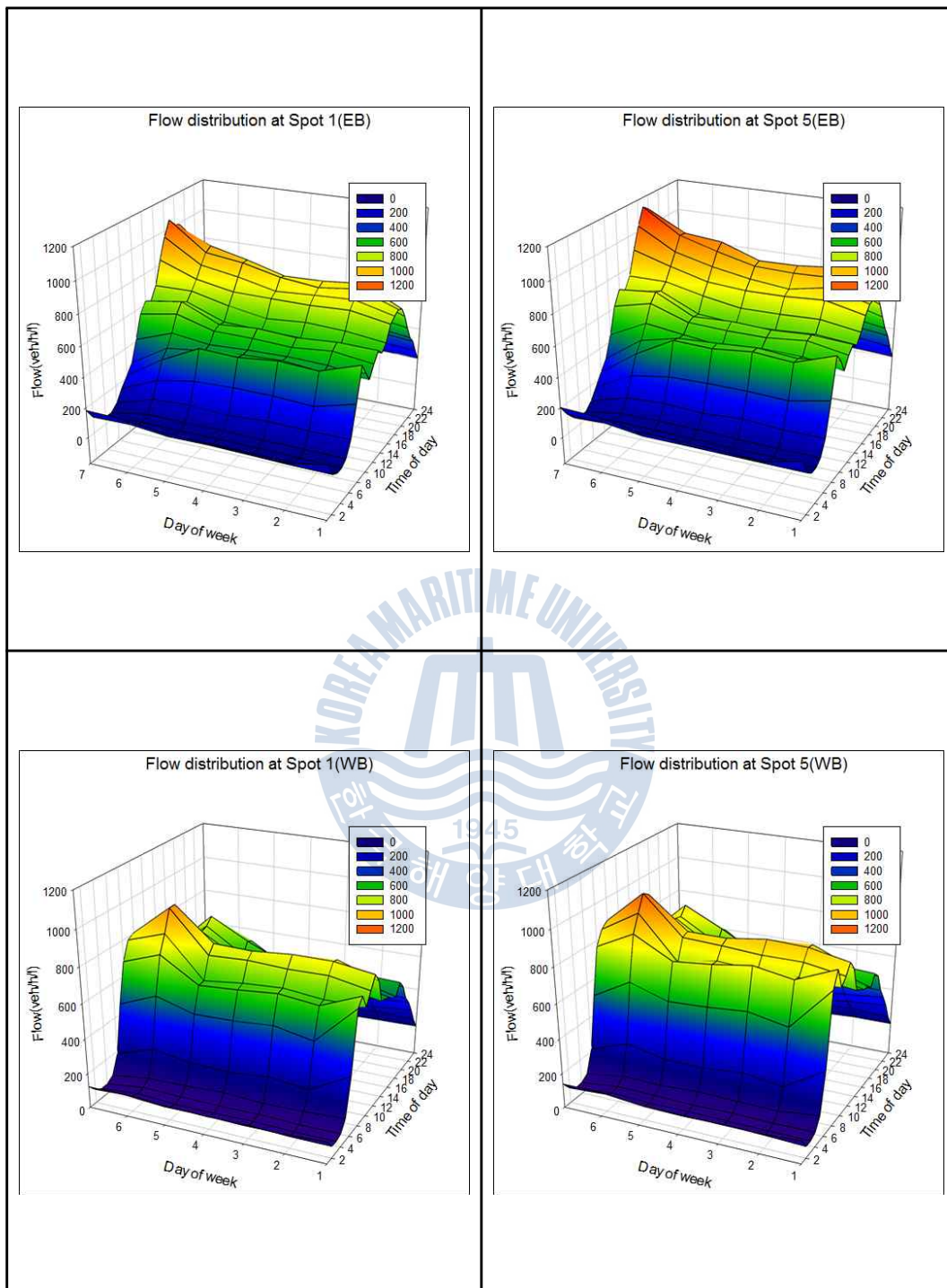


Figure 3.1 3D Flow graph at Expressway Ex-10

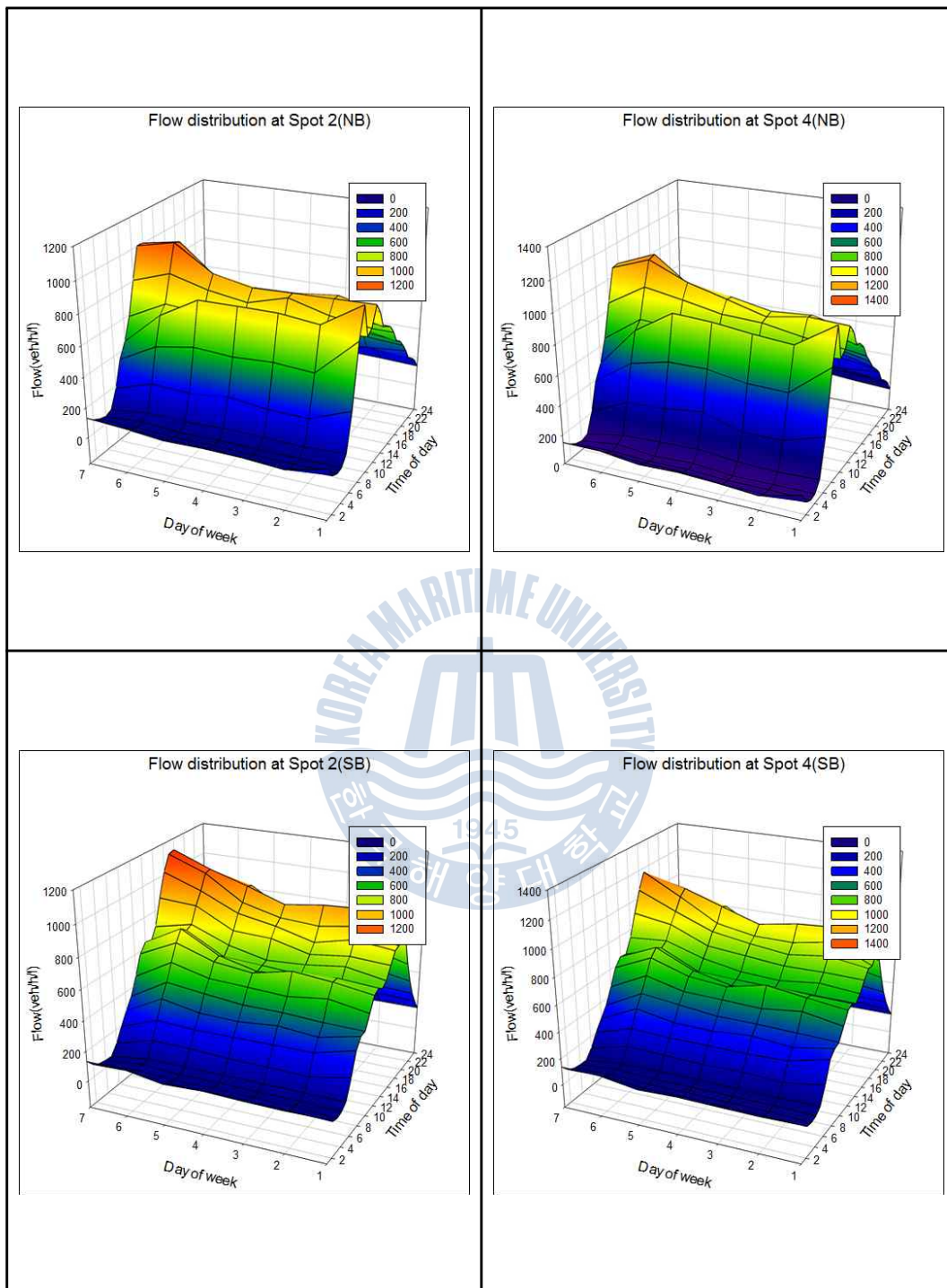


Figure 3.2 3D Flow graph at Expressway Ex-1

Table 3.2 Flow statistics at Expressway Ex-10 for weekday

Direction	Statistics	Flow(veh/h/l)	Shift(%)
Ex-10(EB)	Max	858	+86
	Min	63	-86
	Avg	462	-
	AM-Peak	-	-
	PM-Peak	817	+77
Ex-10(WB)	Max	834	+82
	Min	67	-85
	Avg	458	-
	AM-Peak	798	+74
	PM-Peak	-	-

Table 3.3 Flow statistics at Expressway Ex-10 for weekend

Direction	Statistics	Flow(veh/h/l)	Shift(%)
Ex-10(EB)	Max	1,048	+101
	Min	61	-88
	Avg	522	-
	AM-Peak	-	-
	PM-Peak	1,006	+93
Ex-10(WB)	Max	928	+83
	Min	68	-87
	Avg	508	-
	AM-Peak	885	+74
	PM-Peak	-	-

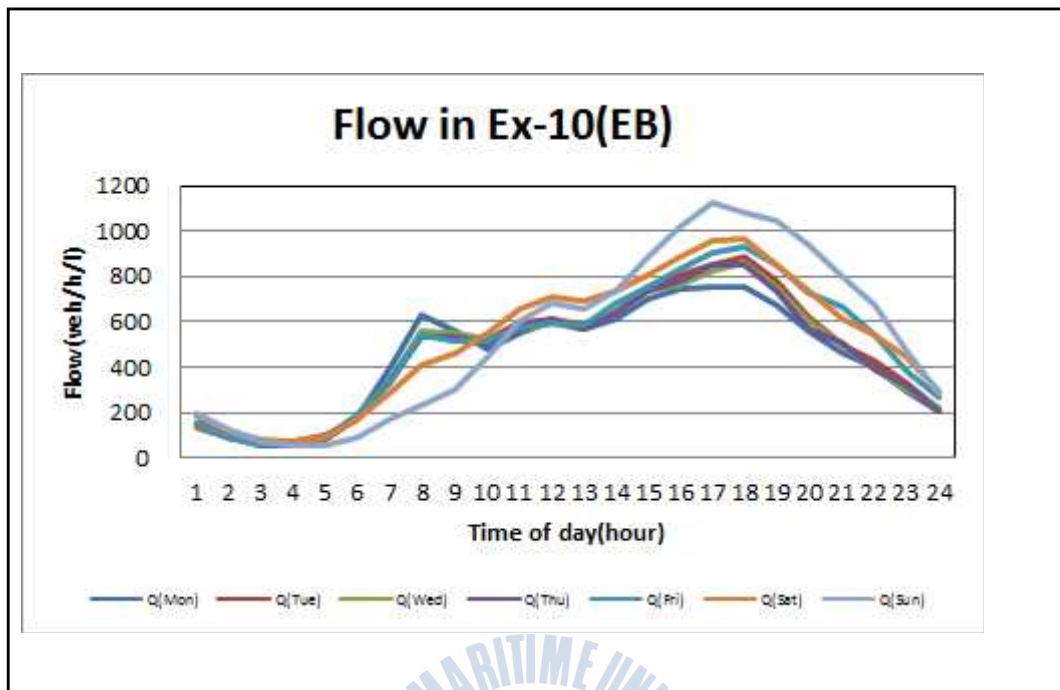


Figure 3.3 Flow distribution in Ex-10(EB)

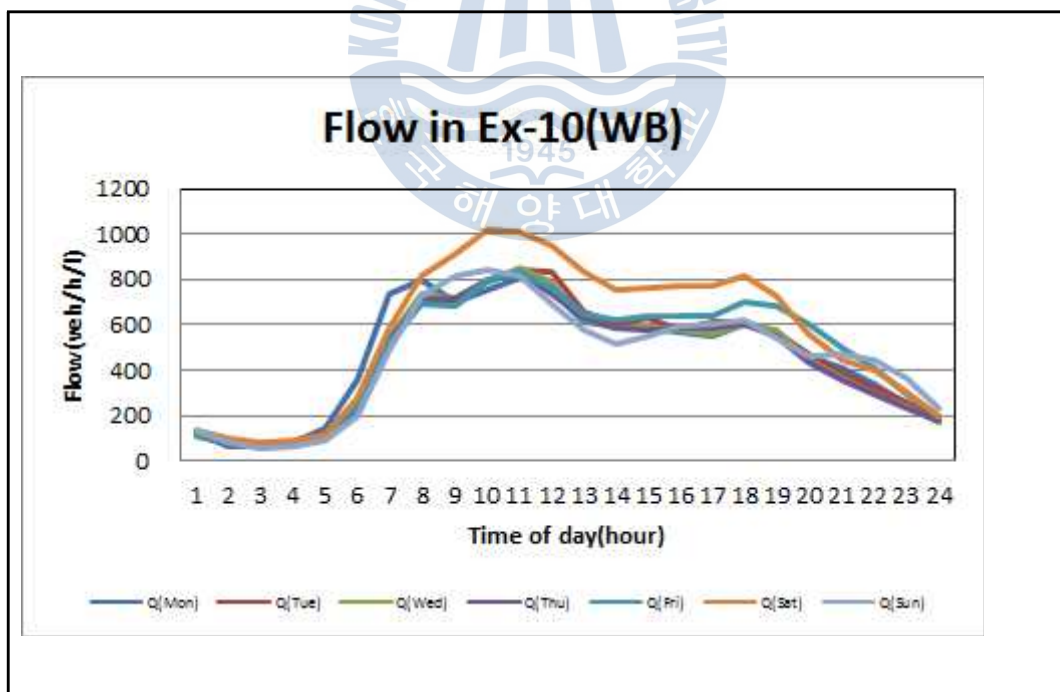


Figure 3.4 Flow distribution in Ex-10(WB)

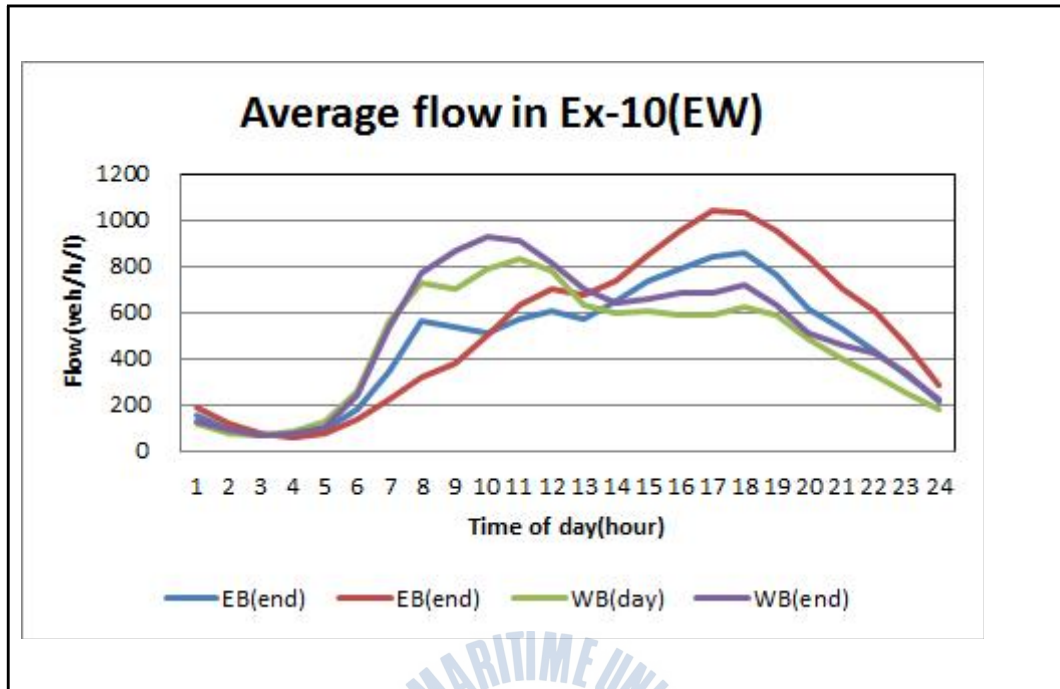


Figure 3.5 Average flow distribution in Ex-10(EW)

다음으로 국내의 고속도로 Ex-1(northbound, NB)에서는 주중에 최대통행량이 약 910대(veh/h/l)로 평균통행량 약 460대(veh/h/l)와 비교하여 약 99%정도 증가하였고 최소통행량은 약 60대(veh/h/l)로 평균통행량보다 약 88%정도 감소한 반면, 주말에는 최대통행량이 약 1,060대(veh/h/l)로 평균통행량 약 530대(veh/h/l)와 비교하여 약 100%정도 증가하였고 최소통행량 약 60대(veh/h/l)와 비교하여 약 89%정도 감소한 것으로 나타났다. 특히, 전형적인 출퇴근시간대(오전 7시~9시와 오후 17시~19시)와 비교하여 고속도로 Ex-1(NB)에서는 주중 오전 첨두시간대(AM-Peak: 10시~11시)에 통행량이 약 88%정도 증가하면서 전형적인 업무목적의 통행특성을 보였으나 주말 오전 첨두시간대(AM-Peak: 10시~11시)에는 약 87%정도의 통행량 증가와 함께 여가목적과 업무목적의 통행특성을 보인 것으로 나타났다(참조 Tables 3.4~3.5과 Figures 3.6~3.8).

그리고 국내의 고속도로 Ex-1(southbound, SB)에서는 주중에 최대통행량이 약 880대(veh/h/l)로 평균통행량 약 420대(veh/h/l)와 비교하여 약 108%정도 증가하였고 최소통행량은 약 50대(veh/h/l)로 평균통행량보다 약 87%정도 감소한 반면, 주말에는 최대통행량이 약 1,080대(veh/h/l)로 평균통행량 약 500대(veh/h/l)와 비교하여 약 116%정도 증가하였고 최소통행량 약 60대(veh/h/l)와 비교하여 약 89%정도 감소한 것으로 나타났다. 특히, 전형적인 출퇴근시간대(오전 7시~9시와 오후 17시~19시)와 비교하여 고속도로 Ex-1(SB)에서는 주중 오후 첨두시간대(PM-Peak: 17시~18시)에 통행량이 약 94%정도의 증가를 보이면서 전형적인 업무목적과 퇴근목적의 통행특성을 보였으나 주말에는 오후 첨두시간대에 약 105%정도의 통행량 증가와 함께 여가목적과 업무목적의 통행특성을 보인 것으로 나타났다(참조 Tables 3.4~3.5과 Figures 3.6~3.8).

Table 3.4 Flow statistics at Expressway Ex-1 for weekday

Direction	Statistics	Flow(veh/h/l)	Shift(%)
Ex-1(NB)	Max	912	+99
	Min	55	-88
	Avg	458	-
	AM-Peak	861	+88
	PM-Peak	-	-
Ex-1(SB)	Max	875	+108
	Min	53	-87
	Avg	421	-
	AM-Peak	-	-
	PM-Peak	817	+94

Table 3.5 Flow statistics at Expressway Ex-1 for weekend

Direction	Statistics	Flow(veh/h/l)	Shift(%)
Ex-1(NB)	Max	1,057	+100
	Min	60	-89
	Avg	529	-
	AM-Peak	989	+87
	PM-Peak	-	-
Ex-1(SB)	Max	1,078	+116
	Min	56	-89
	Avg	500	-
	AM-Peak	-	-
	PM-Peak	1,024	+105

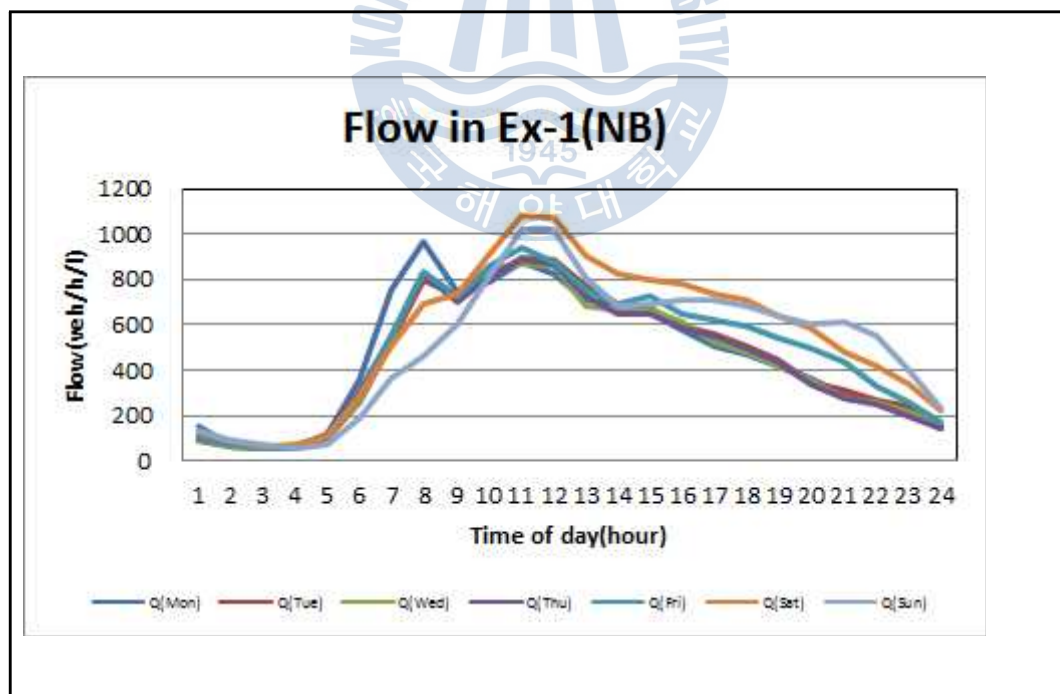


Figure 3.6 Flow distribution in Ex-1(NB)

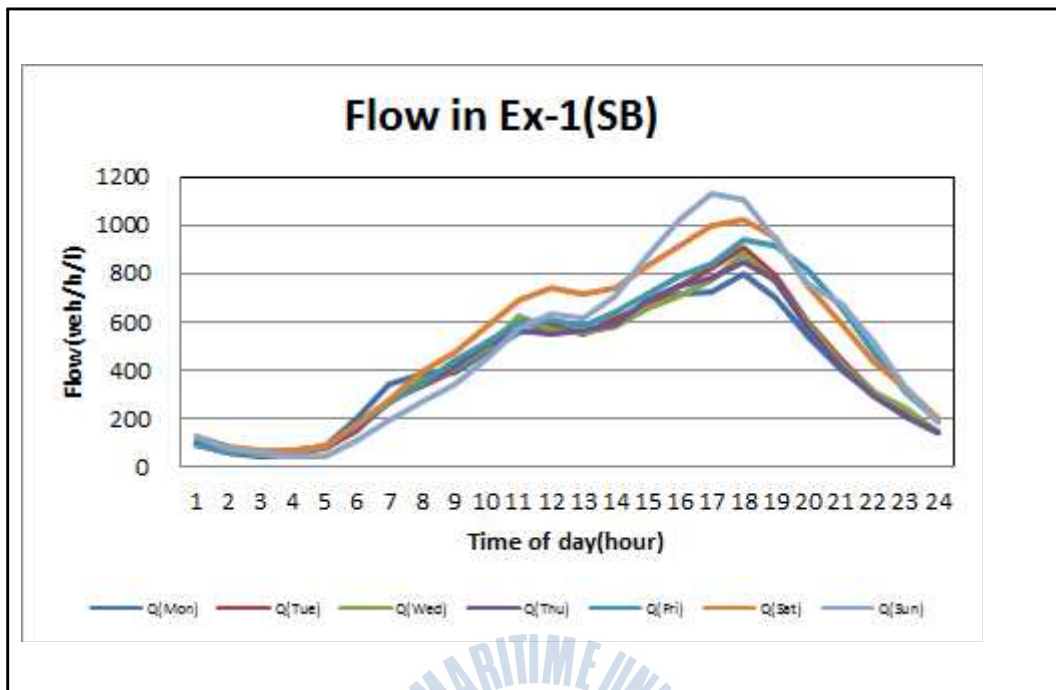


Figure 3.7 Flow distribution in Ex-1(SB)

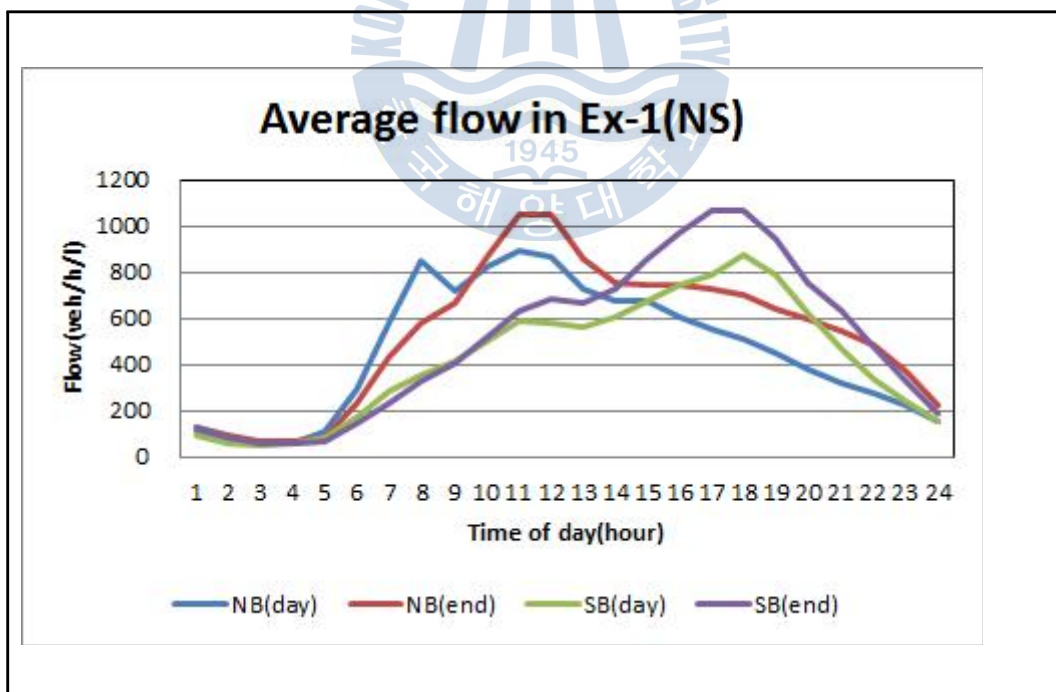


Figure 3.8 Average flow distribution in Ex-1(NS)

결과적으로 고속도로 Ex-1과 Ex-10의 교통량분포에서 고속도로와 방향에 따라 주중과 주말에 다소 차이가 있었는데, 주중에는 업무목적과 퇴근목적의 통행특성으로 인하여 오전 오후 첨두시간대에 약 74%~97%정도의 통행량 증가가 발생한 것으로 나타났고, 주말에도 여가목적과 업무목적의 통행특성으로 인하여 오전 오후 첨두시간대에 약 74%~105%정도의 통행량 증가가 발생한 것으로 나타났다.



3.2.2 속도분석

일반적으로 속도(speed)란 단위시간동안에 차량이 주행한 거리로서 1시간 단위의 지점평균속도로 전환하였고, 속도의 단위는 kilometers per hour(km/h)로 표현되었으며, 다음과 같은 계산과정을 거쳐 특성분석에 사용하였다(조, 2012; 권 등, 2005; 김 등, 2010; 박 등, 2004; 신, 1995; May, 1990; Garber and Hoel, 1988).

$$U_s = \frac{3.6 \times D}{\bar{t}} = \frac{3.6 \times D}{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left(\frac{D}{U_i} \right)}$$

(3.2)

여기서,

- U_s : spot mean speed(km/h)
- D : distance between loop detectors at spot(m)
- \bar{t} : mean travel time(sec)
- U_i : travel speed for each vehicle i (km/h)
- N : number of vehicles observed(veh)

고속도로 Ex-1과 Ex-10의 5개 자료관측지점에 대해 속도분포를 조사한 결과, 아래의 **Figures 3.9~3.10**에서 보는 바와 같이 요일별 시간별 속도분포에서 상당한 차이를 보였고, 방향별 속도분포에서도 다소 차이를 보였기 때문에 주중과 주말로 구분하여 방향별 속도특성을 분석하였다.

우선적으로 국내의 고속도로 Ex-10(EB)에서는 주중에 최대 통행속도가 약 100km/h로 평균 통행속도 약 96km/h와 비교하여 약 4%정도 증가하였고 최소

통행속도는 약 91km/h로 평균 통행속도와 비교하여 약 5%정도 감소한 반면, 주말에는 최대 통행속도가 약 103km/h로 평균 통행속도 약 99km/h와 비교하여 약 4%정도 증가하였고 최소 통행속도는 약 93km/h로 평균 통행속도와 비교하여 약 6%정도 감소한 것으로 나타났다. 특히, 전형적인 출퇴근시간대(오전 7시~9시와 오후 17시~19시)와 비교하여 고속도로 Ex-10(EB)에서는 주중에 업무목적과 퇴근목적의 통행량이 집중하는 오후 첨두시간대(PM-Peak: 17시~18시)에 약 1%정도의 속도증가를 보였고 주말에는 여가목적과 업무목적의 통행량이 집중하는 오후 첨두시간대(PM-Peak: 17시~18시)에 약 1%정도의 속도감소를 보인 것으로 나타났다(참조 Tables 3.6~3.7과 Figures 3.11~3.13).

그리고 국내의 고속도로 Ex-10(WB)에서는 주중에 최대 통행속도가 약 97km/h로 평균 통행속도 약 92km/h와 비교하여 약 5%정도 증가하였고 최소 통행속도는 약 85km/h로 평균 통행속도와 비교하여 약 7%정도 감소한 반면, 주말에는 최대 통행속도가 약 103km/h로 평균 통행속도 약 99km/h와 비교하여 약 4%정도 증가하였으며 최소 통행속도는 약 94km/h로 평균 통행속도와 비교하여 약 5%정도 감소한 것으로 나타났다. 특히, 전형적인 출퇴근시간대(오전 7시~9시와 오후 17시~19시)와 비교하여 고속도로 Ex-10(WB)에서는 주중에 업무목적의 통행량이 집중하는 오전 첨두시간대(AM-Peak: 10시~11시)에 거의 속도감소를 보이지 않았고 주말에는 여가목적과 업무목적의 통행량이 집중하는 오전 첨두시간대(AM-Peak: 10시~11시)에 약 1%정도의 속도감소를 보인 것으로 나타났다(참조 Tables 3.6~3.7과 Figures 3.11~3.13).

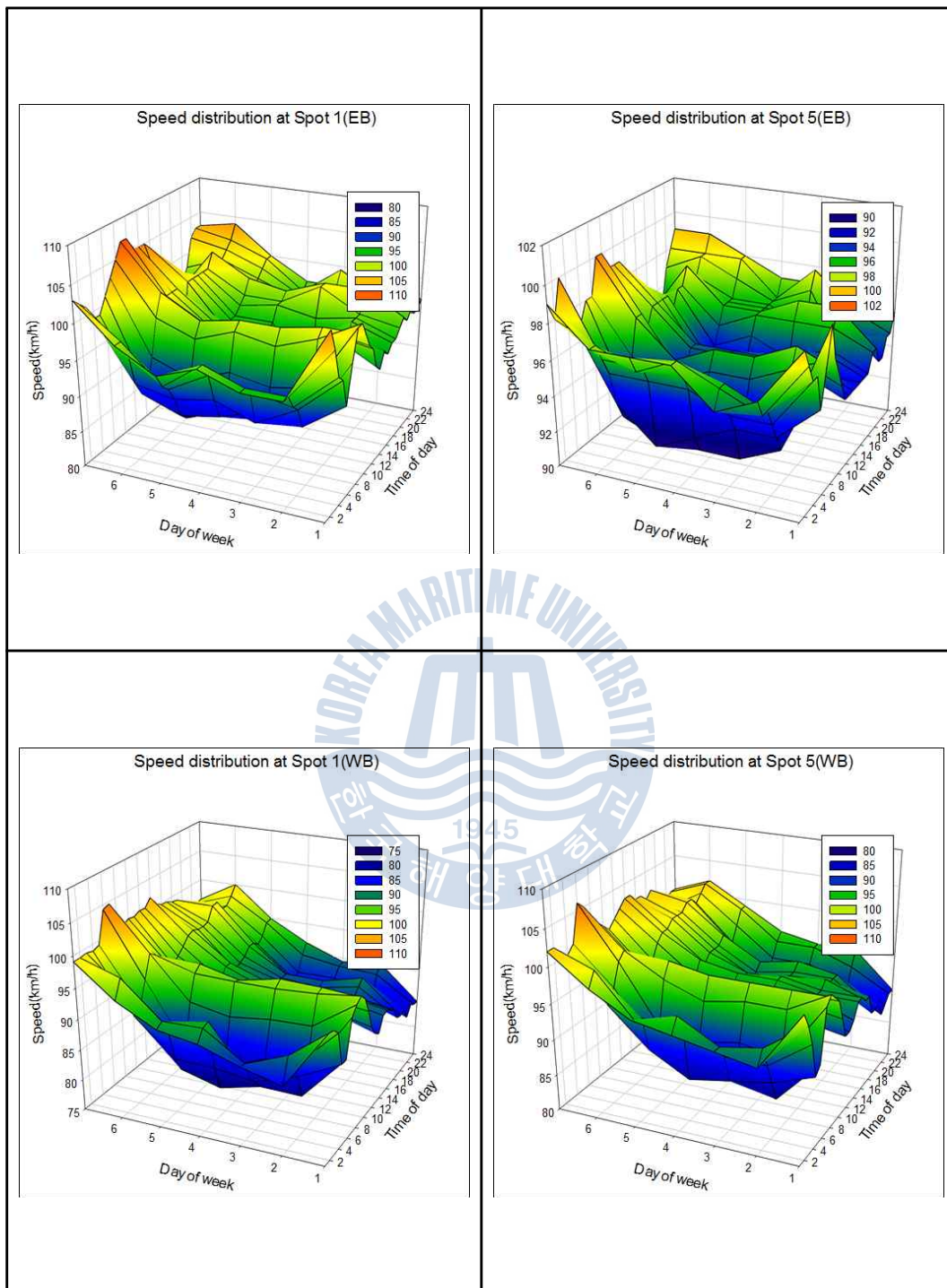


Figure 3.9 3D Speed graph at Expressway Ex-10

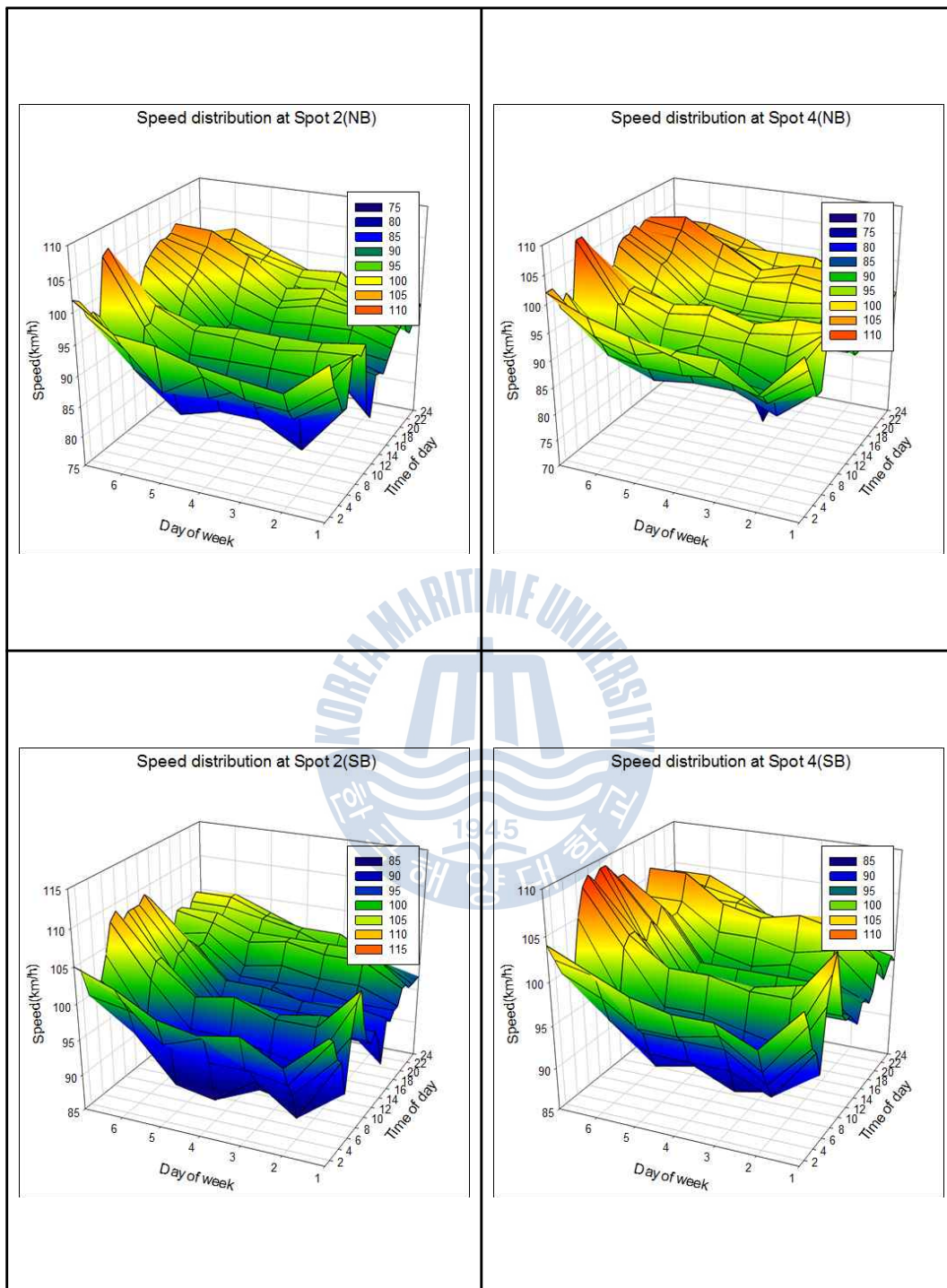


Figure 3.10 3D Speed graph at Expressway Ex-1

Table 3.6 Speed statistics at Expressway Ex-10 for weekday

Direction	Statistics	Speed(km/h)	Shift(%)
Ex-10(EB)	Max	100	+4
	Min	91	-5
	Avg	96	-
	AM-Peak	-	-
	PM-Peak	97	1
Ex-10(WB)	Max	97	+5
	Min	85	-7
	Avg	92	-
	AM-Peak	92	0
	PM-Peak	-	-

Table 3.7 Speed statistics at Expressway Ex-10 for weekend

Direction	Statistics	Speed(km/h)	Shift(%)
Ex-10(EB)	Max	103	+4
	Min	93	-6
	Avg	99	-
	AM-Peak	-	-
	PM-Peak	98	-1
Ex-10(WB)	Max	103	+4
	Min	94	-5
	Avg	99	-
	AM-Peak	98	-1
	PM-Peak	-	-

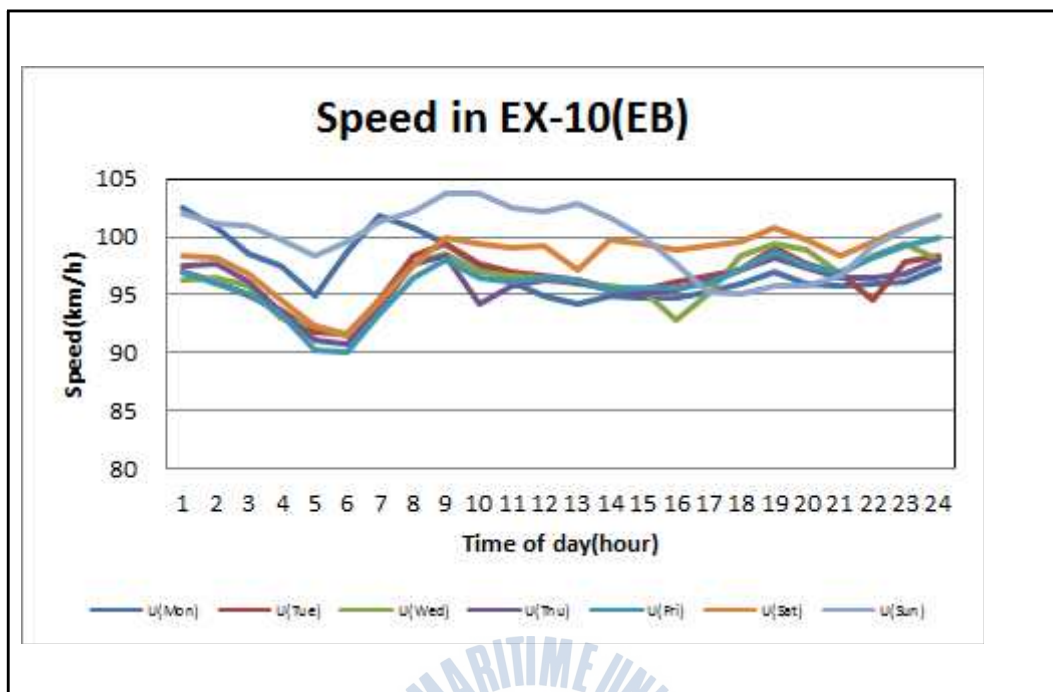


Figure 3.11 Speed distribution in Ex-10(EB)

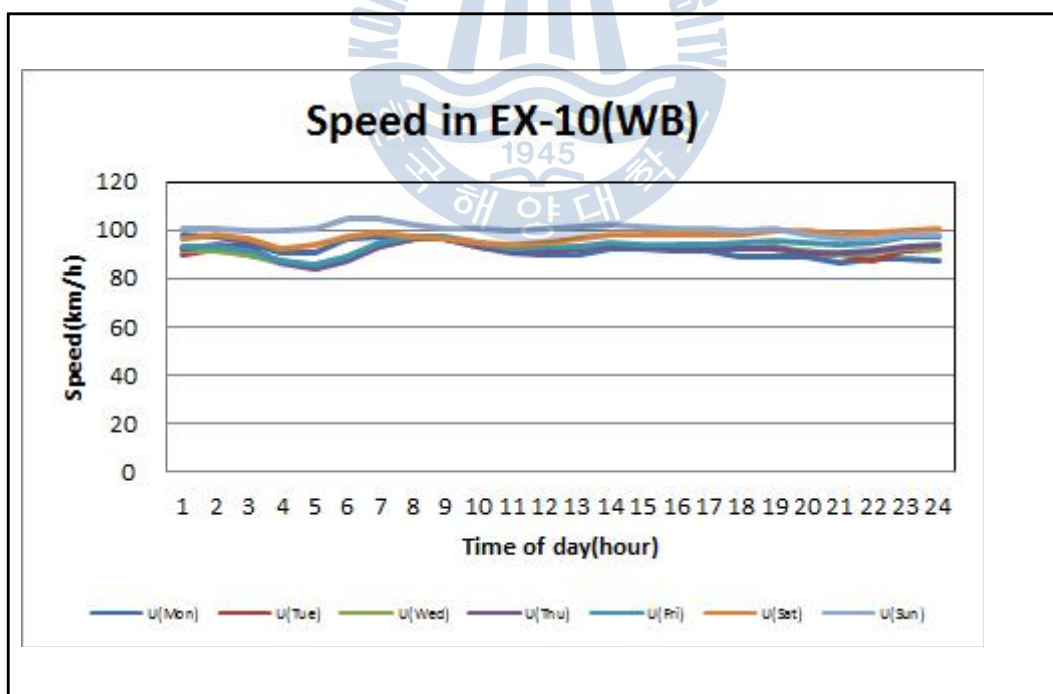


Figure 3.12 Speed distribution in Ex-10(WB)

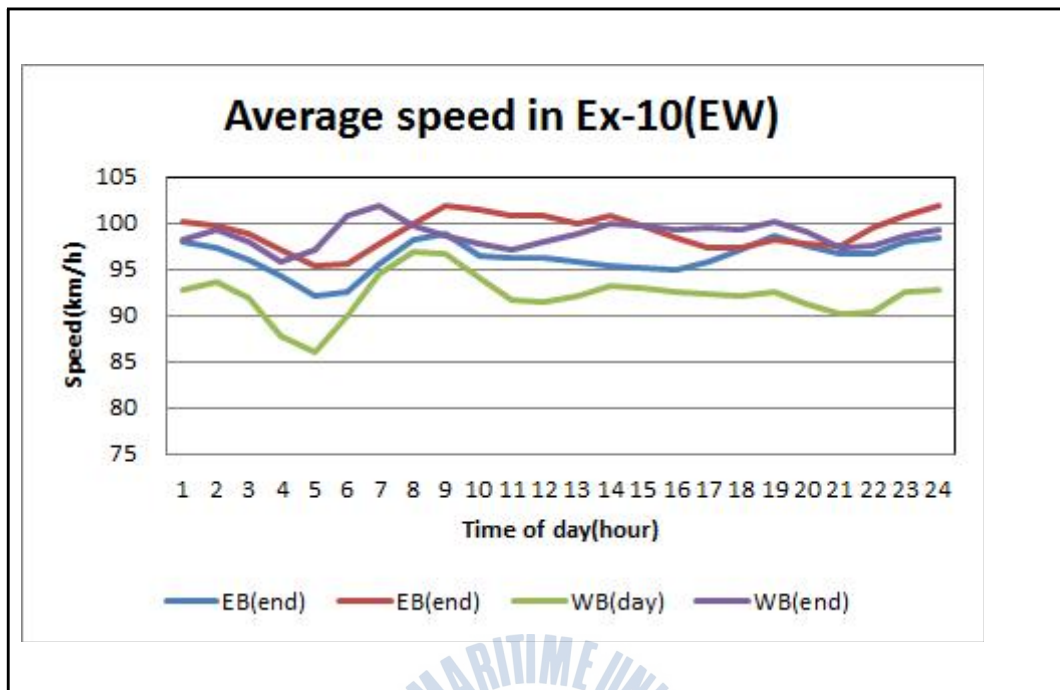


Figure 3.13 Average speed distribution in Ex-10(EW)

다음으로 국내의 고속도로 Ex-1(NB)에서는 주중에 최대 통행속도가 약 100km/h로 평균 통행속도 약 94km/h와 비교하여 약 6%정도 증가하였고 최소 통행속도는 약 84km/h로 평균 통행속도와 비교하여 약 10%정도 감소한 반면, 주말에는 최대 통행속도가 약 107km/h로 평균 통행속도 약 101km/h와 비교하여 약 7%정도 증가하였고 최소 통행속도는 약 94km/h로 평균 통행속도와 비교하여 약 7%정도 감소한 것으로 나타났다. 특히, 전형적인 출퇴근시간대(오전 7시~9시와 오후 17시~19시)와 비교하여 고속도로 Ex-1(NB)에서는 주중에 업무목적의 통행량이 집중하는 오전 첨두시간대(AM-Peak: 10시~11시)에 약 3%정도의 속도감소를 보였고 주말에는 여가목적과 업무목적의 통행량이 집중하는 오전 첨두시간대(AM-Peak: 10시~11시)에 약 3%정도의 속도감소를 보인 것으로 나타났다(참조 Tables 3.8~3.9과 Figures 3.14~3.16).

그리고 국내의 고속도로 Ex-1(SB)에서는 주중에 최대 통행속도가 약

103km/h로 평균 통행속도 약 97km/h와 비교하여 약 6%정도 증가하였고 최소 통행속도는 약 89km/h로 평균 통행속도와 비교하여 약 8%정도 감소한 반면, 주말에는 최대 통행속도가 약 108km/h로 평균 통행속도 약 104km/h와 비교하여 약 4%정도 증가하였고 최소 통행속도는 약 97km/h로 평균 통행속도와 비교하여 약 6%정도 감소한 것으로 나타났다. 특히, 전형적인 출퇴근시간대(오전 7시~9시와 오후 17시~19시)와 비교하여 고속도로 Ex-1(SB)에서는 주중에 업무목적과 퇴근목적의 통행량이 집중하는 오후 첨두시간대(PM-Peak: 17시~18시)에 오히려 약 2%정도의 속도증가를 보였고 주말에는 여가목적과 업무목적의 통행량이 집중하는 오후 첨두시간대(PM-Peak: 17시~18시)에 약 1%정도의 속도감소를 보이는 것으로 나타났다(참조 Tables 3.8~3.9과 Figures 3.14~3.16).

Table 3.8 Speed statistics at Expressway Ex-1 for weekday

Direction	Statistics	Speed(km/h)	Shift(%)
Ex-1(NB)	Max	100	+6
	Min	84	-10
	Avg	94	-
	AM-Peak	90	-3
	PM-Peak	-	-
Ex-1(SB)	Max	103	+6
	Min	89	-8
	Avg	97	-
	AM-Peak	-	-
	PM-Peak	99	+2

Table 3.9 Speed statistics at Expressway Ex-1 for weekend

Direction	Statistics	Speed(km/h)	Shift(%)
Ex-1(NB)	Max	107	+7
	Min	94	-7
	Avg	101	-
	AM-Peak	98	-3
	PM-Peak	-	-
Ex-1(SB)	Max	108	+4
	Min	97	-6
	Avg	104	-
	AM-Peak	-	-
	PM-Peak	103	-1

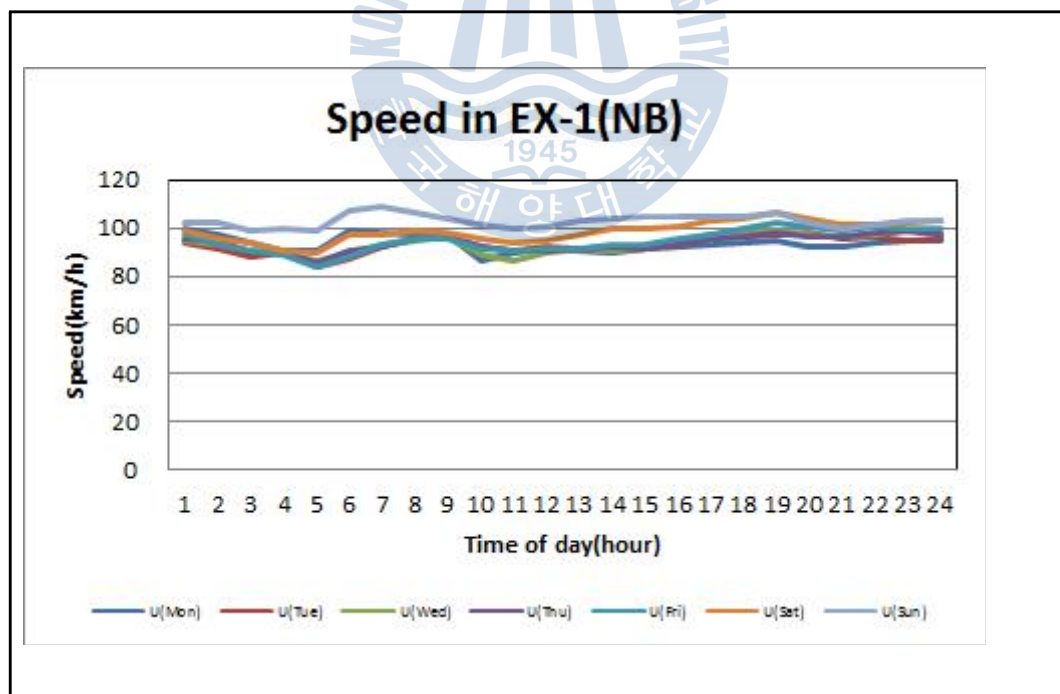


Figure 3.14 Speed distribution in Ex-1(NB)

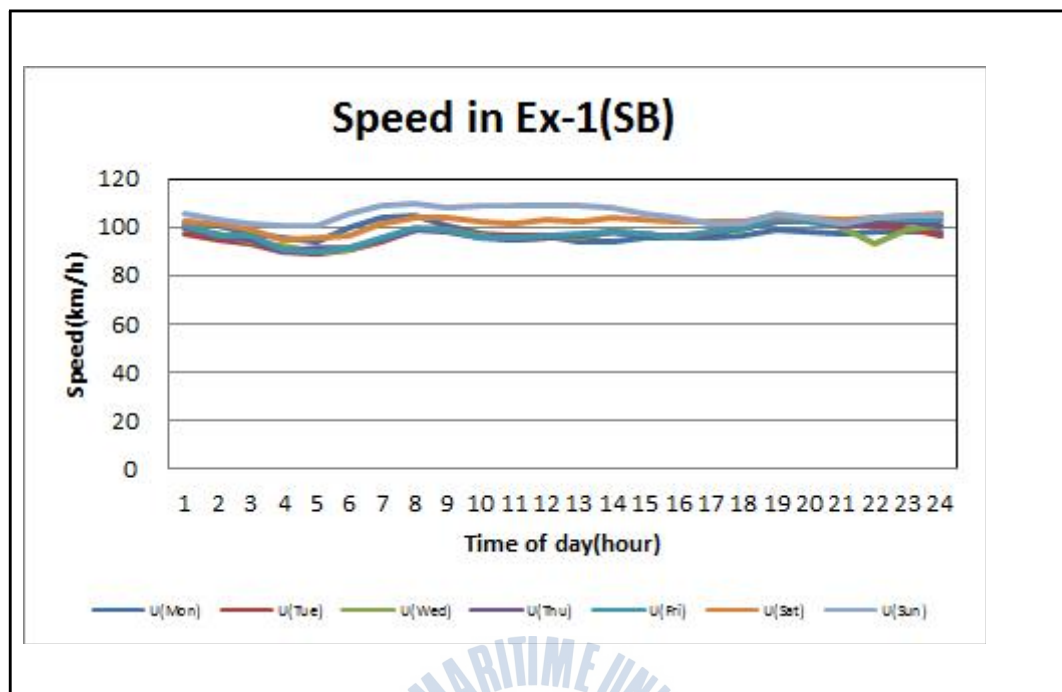


Figure 3.15 Speed distribution in Ex-1(SB)

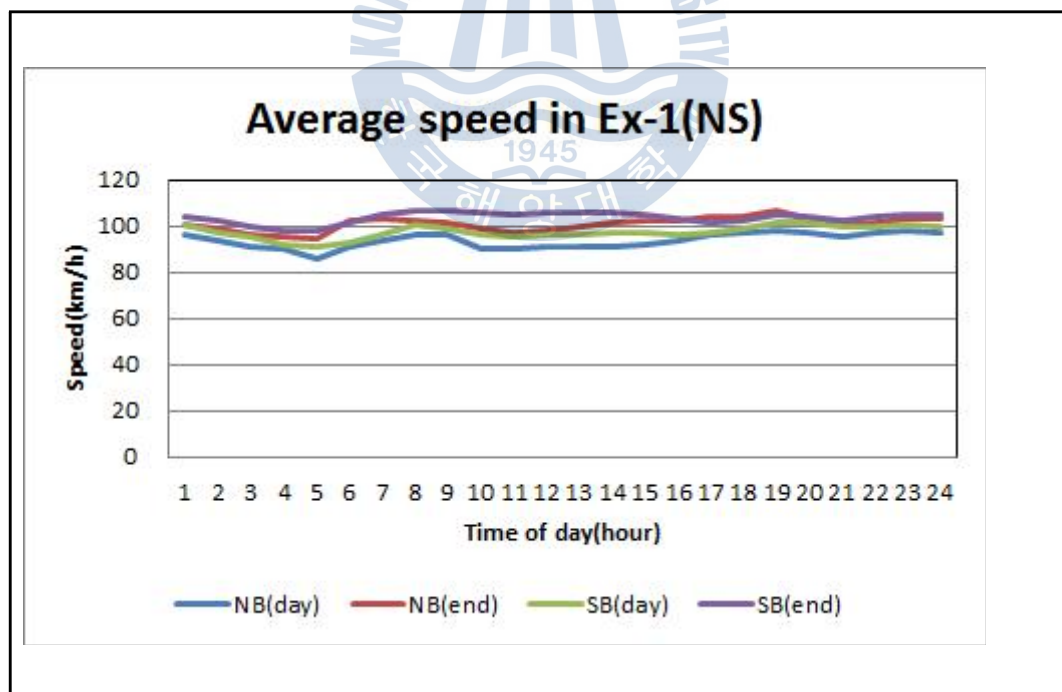


Figure 3.16 Average speed distribution in Ex-1(NS)

결과적으로 고속도로 Ex-1과 Ex-10의 속도분포에서 고속도로와 방향에 관계없이 오전 오후 첨두시간대를 제외하고는 큰 차이가 없었는데, 주중에는 오전 오후 첨두시간대에 업무목적과 퇴근목적의 통행량증가에도 불구하고 약 -3%~2%정도의 속도변화를 보인 것으로 나타났고, 주말에는 오전 오후 첨두시간대에 여가목적과 업무목적의 통행량증가에도 불구하고 약 -3%~-1%정도의 속도변화를 보인 것으로 나타났다.



3.2.3 점유율분석

일반적으로 점유율(occupancy)란 단위시간 내 검지기를 점유하고 있는 시간의 상대비율로 밀도 대신 사용되고 있는데, 점유율 자료는 고속도로 상에서 검지기를 이용하여 직접 관측하기가 쉽기 때문에 1분 또는 15분 단위로 아래와 같이 관측하였고, 점유율의 단위는 percent(%)로 표현되었으며, 1시간 단위로 전환되어 특성분석에 사용하였다(조, 2012; 김 등, 2009; 이 등, 1999; 장 등, 2003; May, 1990).

$$O = \frac{\sum_{i=1}^N (t_o)_i}{T} \quad (3.5)$$

여기서,

O : occupancy(%)

$(t_o)_i$: time that detector is occupied by i -th vehicle(sec)

N : number of vehicles detected in unit time period T (veh)

T : unit time period(15min or 1hour)

고속도로 Ex-1과 Ex-10의 5개 자료관측지점에 대해 점유율분포를 조사한 결과, 아래의 **Figures 3.17~3.18**에서 보는 바와 같이 요일별 시간별 점유율분포에서 뚜렷한 차이를 보였고, 또한 방향별 점유율분포에서도 서로 다른 점유율특성을 보였기 때문에 주중과 주말로 구분하여 방향별 점유율특성을 분석하였다.

우선적으로 국내의 고속도로 Ex-10(EB)에서는 주중에 최대 점유율이 약 7.9%로 평균 점유율 약 4.5%와 비교하여 약 75%정도 증가하였고 최소 점유율은 약 0.9%로 평균 점유율과 비교하여 약 80%정도 감소한 반면, 주말에는 최대 점유율이 약 8.3%로 평균 점유율 약 4.4%와 비교하여 약 90%정도 증가

하였고 최소 점유율은 약 0.8%로 평균 점유율과 비교하여 약 82%정도 감소한 것으로 나타났다. 특히, 전형적인 출퇴근시간대(오전 7시~9시와 오후 17시~19시)와 비교하여 고속도로 Ex-10(EB)에서는 주중에 업무목적과 퇴근목적의 통행량이 집중하는 오후 첨두시간대(PM-Peak: 17시~18시)에 약 62% 정도의 점유율 증가를 보였고 주말에는 여가목적과 업무목적의 통행량이 집중하는 오후 첨두시간대에 약 83%정도의 점유율 증가를 보인 것으로 나타났다(참조 Tables 3.10~3.11과 Figures 3.19~3.21).

그리고 국내의 고속도로 Ex-10(WB)에서는 주중에 최대 점유율이 약 8.4%로 평균 점유율 약 4.7%와 비교하여 약 76%정도 증가하였고 최소 점유율은 약 1.0%로 평균 점유율과 비교하여 약 79%정도 감소한 반면, 주말에는 최대 점유율이 약 8.4%로 평균 점유율 약 4.4%와 비교하여 약 88%정도 증가하였고 최소 점유율은 약 0.8%로 평균 점유율과 비교하여 약 82%정도 감소한 것으로 나타났다. 특히, 전형적인 출퇴근시간대(오전 7시~9시와 오후 17시~19시)와 비교하여 고속도로 Ex-10(WB)에서는 주중에 업무목적의 통행량이 집중하는 오전 첨두시간대(AM-Peak: 10시~11시)에 약 68%정도의 점유율 증가를 보였고 주말에는 여가목적과 업무목적의 통행량이 집중하는 오전 첨두시간대(AM-Peak: 10시~11시)에 약 73%정도의 점유율 증가를 보인 것으로 나타났다(참조 Tables 3.10~3.11과 Figures 3.19~3.21).

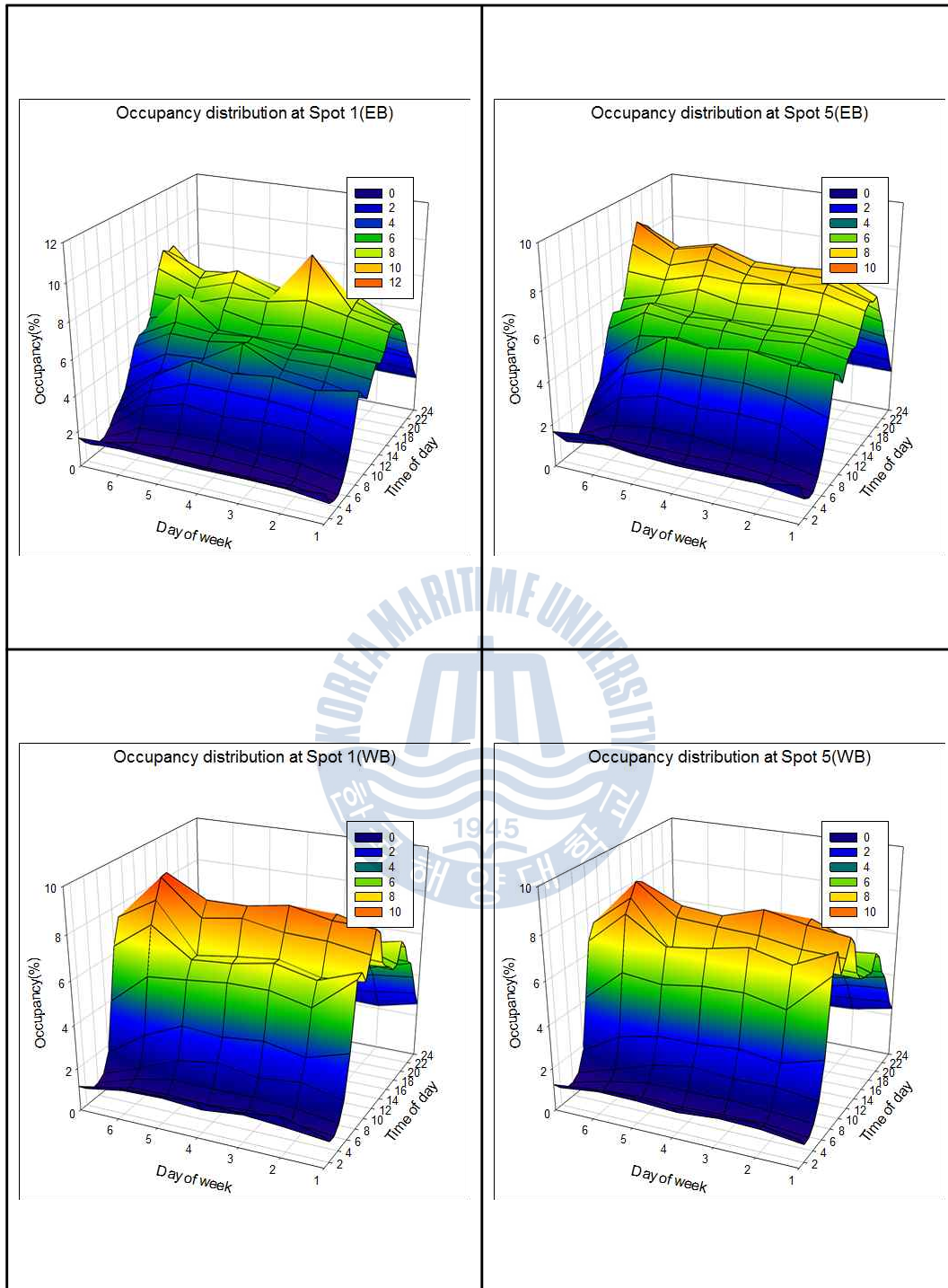


Figure 3.17 3D Occupancy graph at Expressway Ex-10

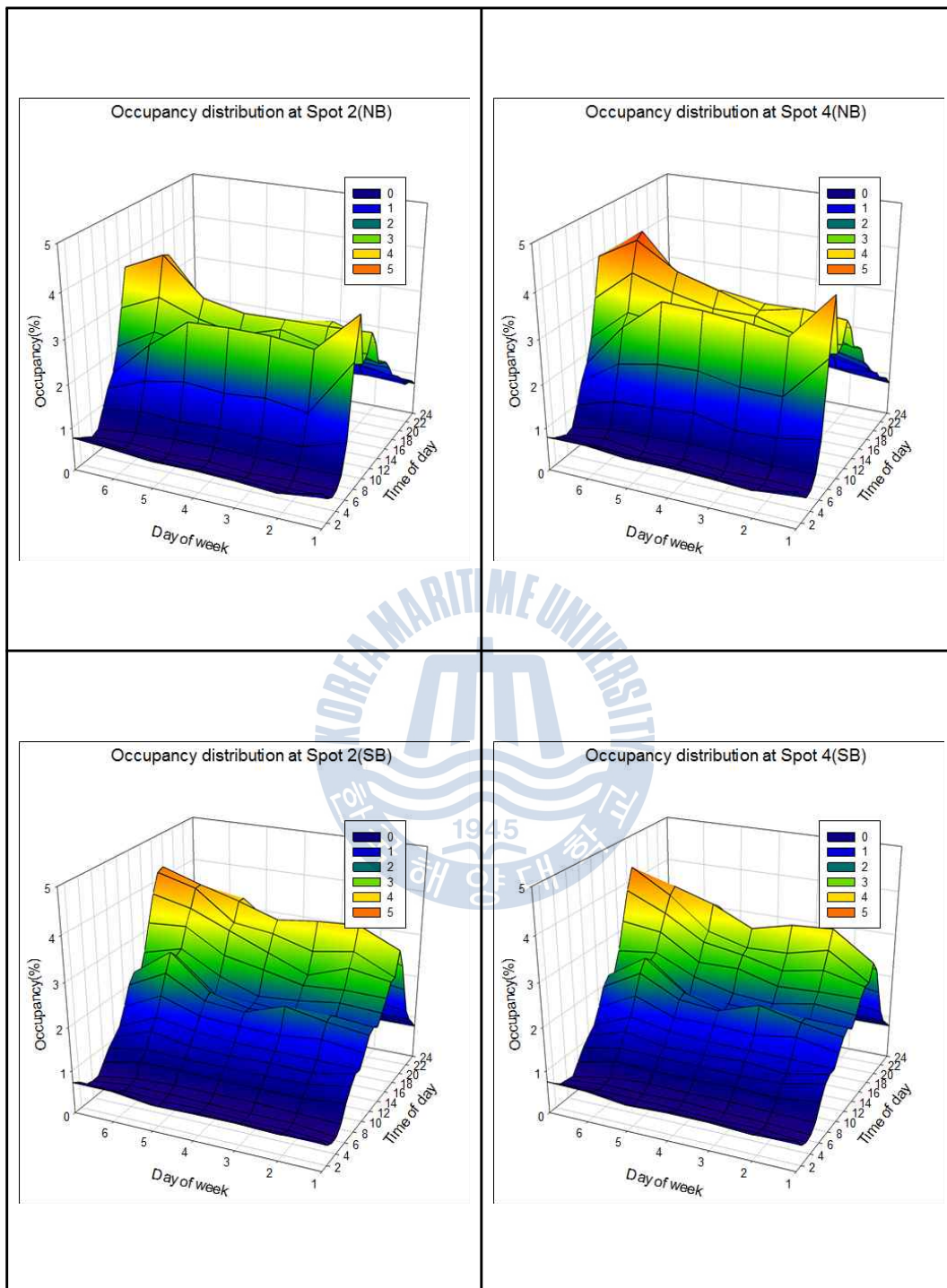


Figure 3.18 3D Occupancy graph at Expressway Ex-1

Table 3.10 Occupancy statistics at Expressway Ex-10 for weekday

Direction	Statistics	Occupancy(%)	Shift(%)
Ex-10(EB)	Max	7.9	+75
	Min	0.9	-80
	Avg	4.5	-
	AM-Peak	-	-
	PM-Peak	7.3	+62
Ex-10(WB)	Max	8.4	+76
	Min	1.0	-79
	Avg	4.7	-
	AM-Peak	8.0	+68
	PM-Peak	-	-

Table 3.11 Occupancy statistics at Expressway Ex-10 for weekend

Direction	Statistics	Occupancy(%)	Shift(%)
Ex-10(EB)	Max	8.3	+90
	Min	0.8	-82
	Avg	4.4	-
	AM-Peak	-	-
	PM-Peak	8.0	+83
Ex-10(WB)	Max	8.4	+88
	Min	0.8	-82
	Avg	4.4	-
	AM-Peak	7.7	+73
	PM-Peak	-	-

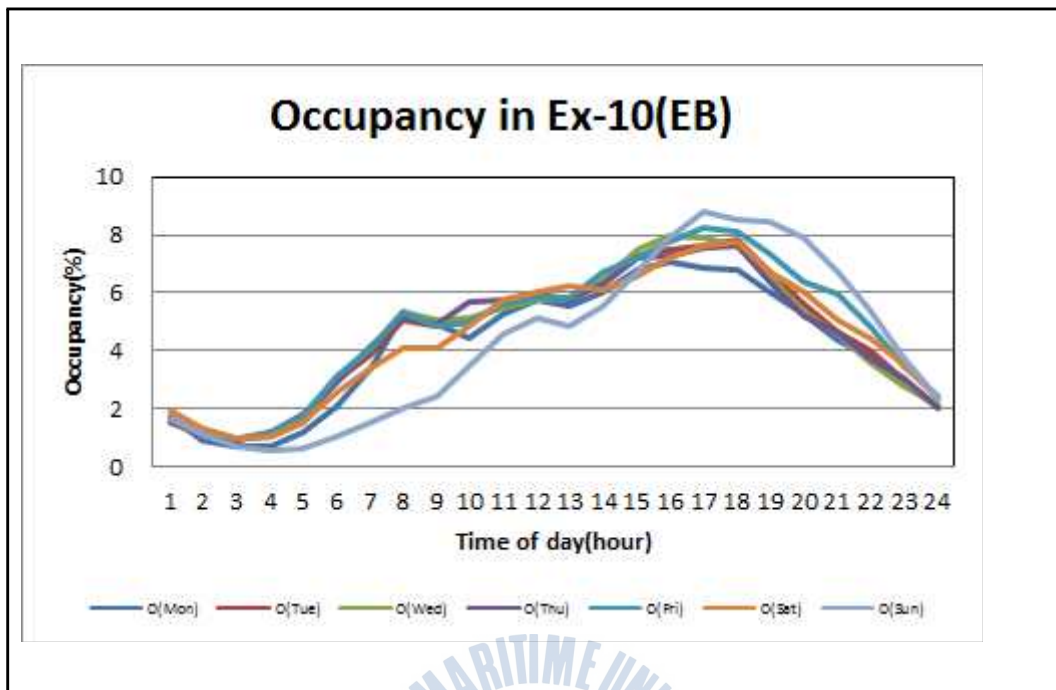


Figure 3.19 Occupancy distribution in Ex-10(EB)

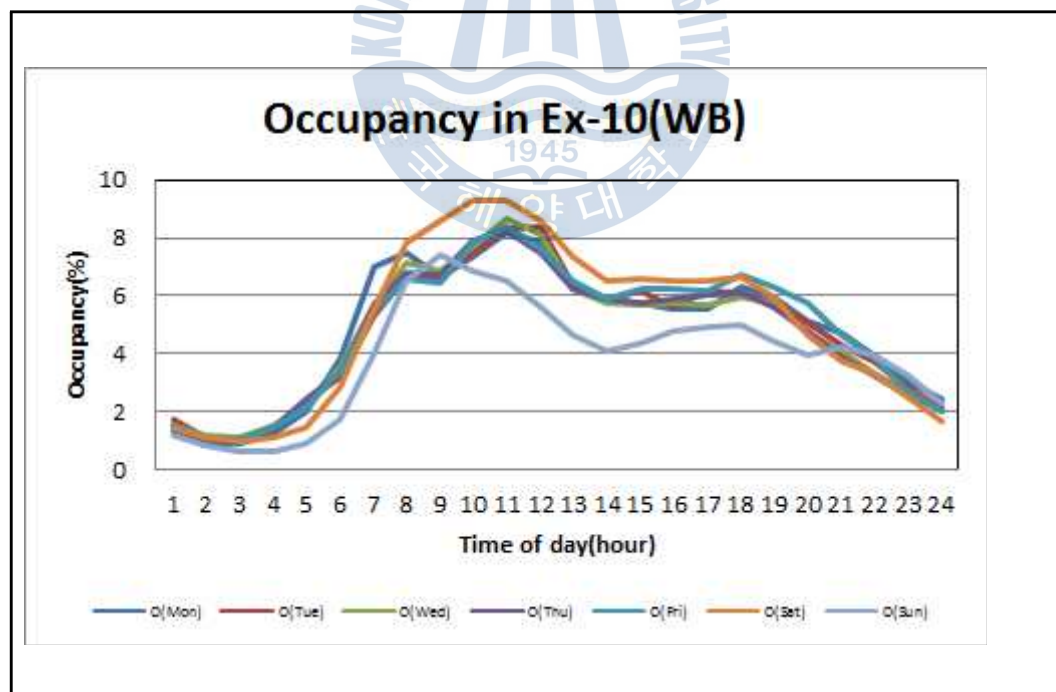


Figure 3.20 Occupancy distribution in Ex-10(WB)

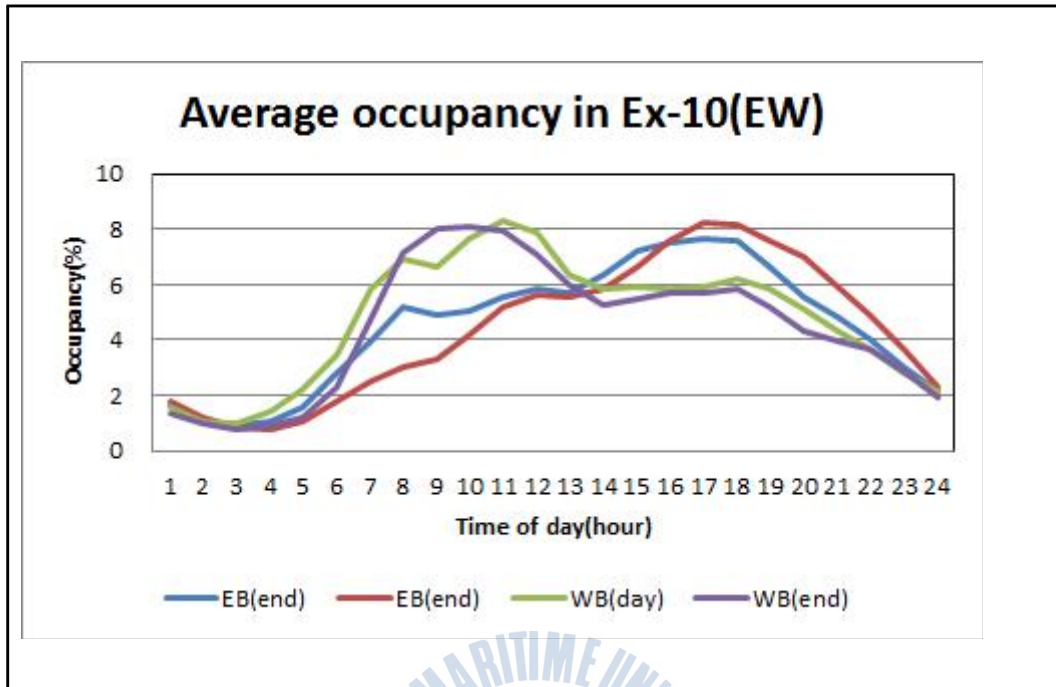


Figure 3.21 Average occupancy distribution in Ex-10(EW)

다음으로 국내의 고속도로 Ex-1(NB)에서는 주중에 최대 점유율이 약 3.4%로 평균 점유율 약 1.7%와 비교하여 약 101%정도 증가하였고 최소 점유율은 약 0.5%로 평균 점유율과 비교하여 약 73%정도 감소한 반면, 주말에는 최대 점유율이 약 4.0%로 평균 점유율 약 2.0%와 비교하여 약 103%정도 증가하였고 최소 점유율은 약 0.5%로 평균 점유율과 비교하여 약 76%정도 감소한 것으로 나타났다. 특히, 전형적인 출퇴근시간대(오전 7시~9시와 오후 17시~19시)와 비교하여 고속도로 Ex-1(NB)에서는 주중에 업무목적의 통행량이 집중하는 오전 첨두시간대(AM-Peak: 10시~11시)에 약 83%정도의 점유율 증가를 보였고 주말에는 여가목적과 업무목적의 통행량이 집중하는 오전 첨두시간대(AM-Peak: 10시~11시)에 약 88%정도의 점유율 증가를 보인 것으로 나타났다(참조 Tables 3.12~3.13과 Figures 3.22~3.24).

그리고 국내의 고속도로 Ex-1(SB)에서는 주중에 최대 점유율이 약 3.3%로

평균 점유율 약 1.6%와 비교하여 약 115%정도 증가하였고 최소 점유율은 약 0.4%로 평균 점유율과 비교하여 약 72%정도 감소한 반면, 주말에는 최대 점유율이 약 4.1%로 평균 점유율 약 1.9%와 비교하여 약 115%정도 증가하였고 최소 점유율은 약 0.4%로 평균 점유율과 비교하여 약 76%정도 감소한 것으로 나타났다. 특히, 전형적인 출퇴근시간대(오전 7시~9시와 오후 17시~19시)와 비교하여 고속도로 Ex-1(SB)에서는 주중에 업무목적과 퇴근목적의 통행량이 집중하는 오후 첨두시간대(PM-Peak: 17시~18시)에 약 96%정도의 점유율 증가를 보였고 주말에는 여가목적과 업무목적의 통행량이 집중하는 오후 첨두시간대(PM-Peak: 17시~18시)에 약 103%정도 점유율 증가를 보인 것으로 나타났다(참조 Tables 3.12~3.13과 Figures 3.22~3.24).

Table 3.12 Occupancy statistics at Expressway Ex-1 for weekday

Direction	Statistics	Occupancy(%)	Shift(%)
Ex-1(NB)	Max	3.4	+101
	Min	0.5	-73
	Avg	1.7	-
	AM-Peak	3.1	+83
	PM-Peak	-	-
Ex-1(SB)	Max	3.3	+115
	Min	0.4	-72
	Avg	1.6	-
	AM-Peak	-	-
	PM-Peak	3.1	+96

Table 3.13 Occupancy statistics at Expressway Ex-1 for weekend

Direction	Statistics	Occupancy(%)	Shift(%)
Ex-1(NB)	Max	4.0	+103
	Min	0.5	-76
	Avg	2.0	-
	AM-Peak	3.7	+88
	PM-Peak	-	-
Ex-1(SB)	Max	4.1	+115
	Min	0.4	-76
	Avg	1.9	-
	AM-Peak	-	-
	PM-Peak	3.8	+103

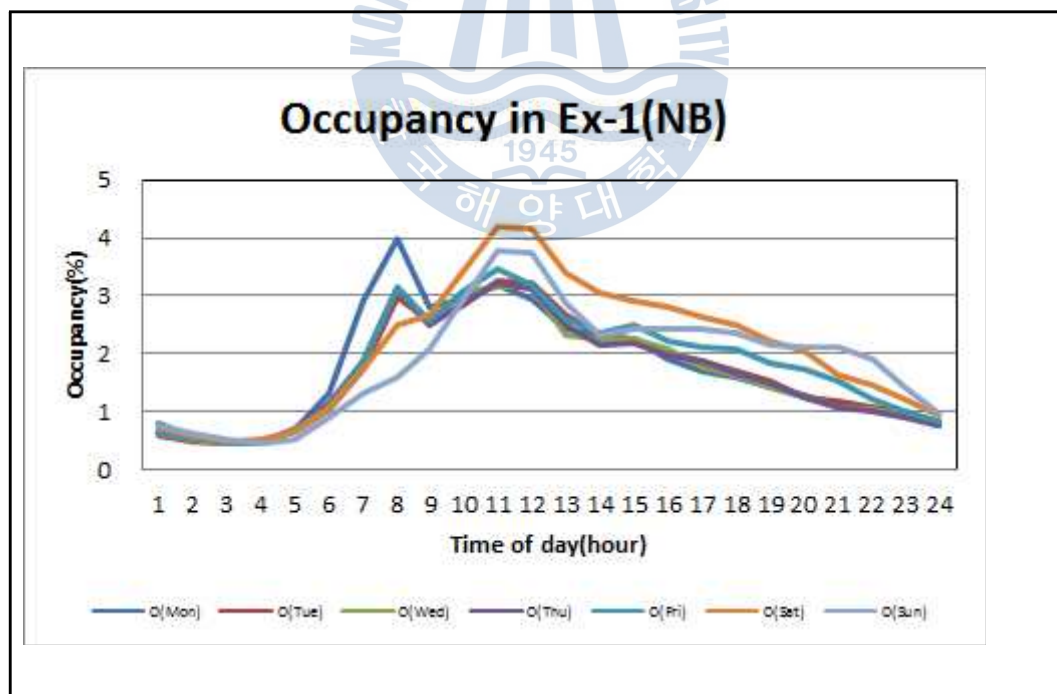


Figure 3.22 Occupancy distribution in Ex-1(NB)

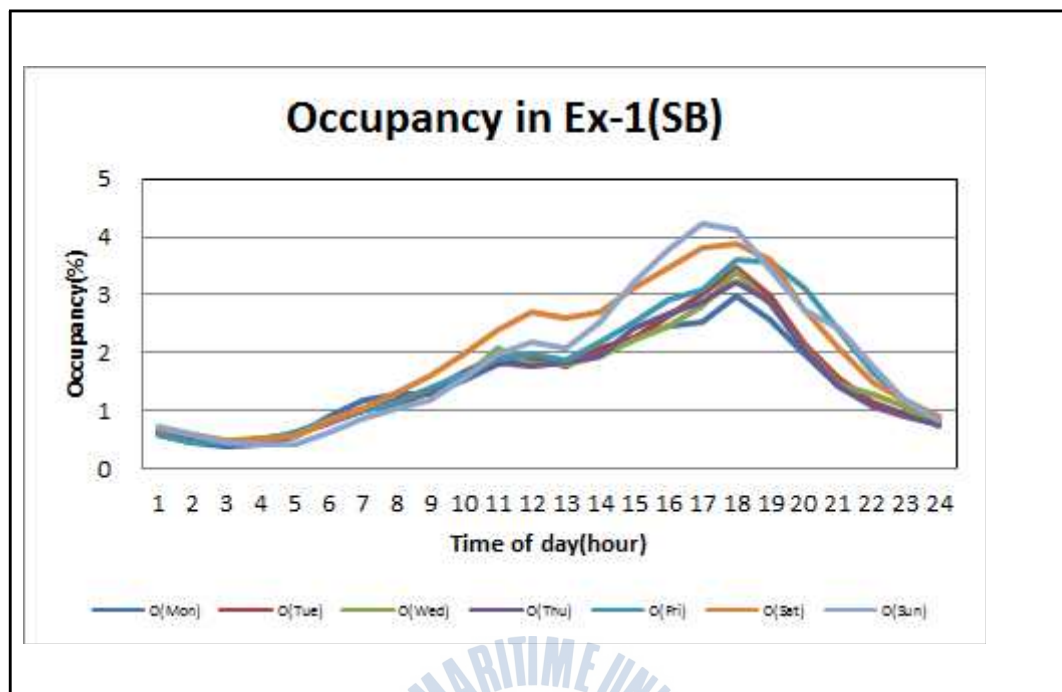


Figure 3.23 Occupancy distribution in Ex-1(SB)

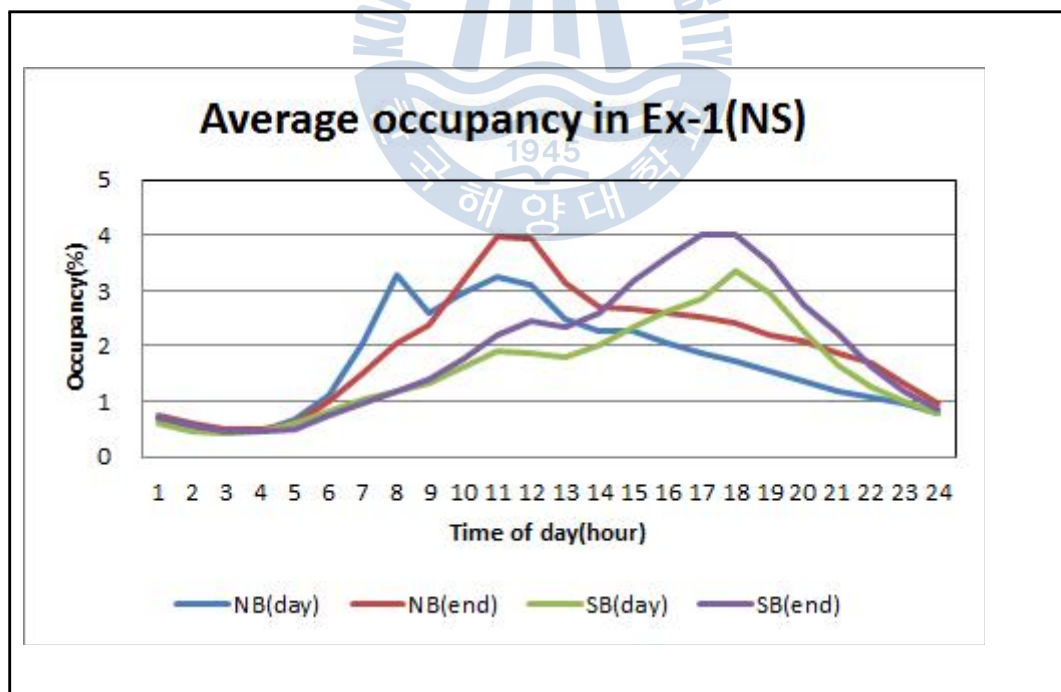


Figure 3.24 Average occupancy distribution in Ex-1(NS)

결과적으로 고속도로 Ex-1과 Ex-10의 점유율분포에서 고속도로와 방향에 관계없이 주중과 주말에 시간대별로 뚜렷한 차이를 보였는데, 주중에는 업무목적과 퇴근목적의 통행량증가로 인하여 오전 오후 첨두시간대에 약 62%~96% 정도의 점유율 증가를 보였고, 주말에는 여가목적과 업무목적의 통행량으로 인하여 오전 오후 첨두시간대에 약 73%~103% 정도의 점유율 증가를 보인 것으로 나타났다.



3.2.4 차두시간분석

일반적으로 차두시간(headway)란 동일차로 상에서 앞 차량이 도착한 시간으로부터 다음차량이 도착할 때까지 소요되는 시간을 의미하는데, 평균차두시간은 일정한 시간동안 관측된 개별차량의 산술평균으로부터 산정하였고, 차두시간의 단위는 second(sec)로 표현되었으며, 다음과 같은 계산과정을 거쳐 특성 분석에 사용하였다(조, 2012; TRB, 1975).

$$(T_h)_i = T_i - T_{i-1} \quad (3.3)$$

$$\overline{T_h} = \frac{\sum_{i=1}^N (T_h)_i}{N} \quad (3.4)$$

여기서,

- $(T_h)_i$: headway of i -th vehicle(sec)
- T_i : arrival time of i -th vehicle(sec)
- $\overline{T_h}$: mean headway(sec)
- N : number of vehicles observed(veh)

고속도로 Ex-1과 Ex-10의 5개 자료관측지점에 대해 차두시간분포를 조사한 결과, 아래의 **Figures 3.25~3.26**에서 보는 바와 같이 방향별 차두시간분포에서 뚜렷한 차이를 보이지 않았으나, 요일별 시간별 차두시간분포에서는 뚜렷한 차이를 보였기 때문에 주중과 주말로 구분하여 방향별 차두시간특성을 분석하였다.

우선적으로 국내의 고속도로 Ex-10(EB)에서는 주중에 시간별 통행량 집중 정도에 따라 최대 차두시간이 약 58sec로 평균 차두시간 약 15sec와 비교하여 약 281%정도 증가하였고 최소 차두시간은 약 4sec로 평균 차두시간과 비교하

여 약 72%정도 감소한 반면, 주말에는 최대 차두시간이 약 61sec로 평균 차두시간 약 15sec와 비교하여 약 302%정도 증가하였고 최소 차두시간은 약 4sec로 평균 차두시간과 비교하여 약 77%정도 감소한 것으로 나타났다. 특히, 전형적인 출퇴근시간대(오전 7시~9시와 오후 17시~19시)와 비교하여 고속도로 Ex-10(EB)에서는 주중에 업무목적과 퇴근목적의 통행량이 집중하는 오후 첨두시간대(PM-Peak: 17시~18시)에 약 71%정도의 차두시간 감소를 보였고 주말에는 여가목적과 업무목적의 통행량이 집중하는 오후 첨두시간대(PM-Peak: 17시~18시)에 약 76%정도의 차두시간 감소를 보인 것으로 나타났다(참조 Tables 3.14~3.15과 Figures 3.27~3.29).

그리고 국내의 고속도로 Ex-10(WB)에서는 주중에 최대 차두시간이 약 54sec로 평균 차두시간 약 15sec와 비교하여 약 263%정도 증가하였고 최소 차두시간은 약 4sec로 평균 차두시간과 비교하여 약 71%정도 감소한 반면, 주말에는 최대 차두시간이 약 54sec로 평균 차두시간 약 14sec와 비교하여 약 281%정도 증가하였고 최소 차두시간은 약 4sec로 평균 차두시간과 비교하여 약 73%정도 감소한 것으로 나타났다. 특히, 전형적인 출퇴근시간대(오전 7시~9시와 오후 17시~19시)와 비교하여 고속도로 Ex-10(WB)에서는 주중에 업무목적의 통행량이 집중하는 오전 첨두시간대(AM-Peak: 10시~11시)에 약 69%정도의 차두시간 감소를 보였고 주말에는 여가목적과 업무목적의 통행량이 집중하는 오전 첨두시간대(AM-Peak: 10시~11시)에 약 71%정도의 차두시간 감소를 보인 것으로 나타났다(참조 Tables 3.14~3.15과 Figures 3.27~3.29).

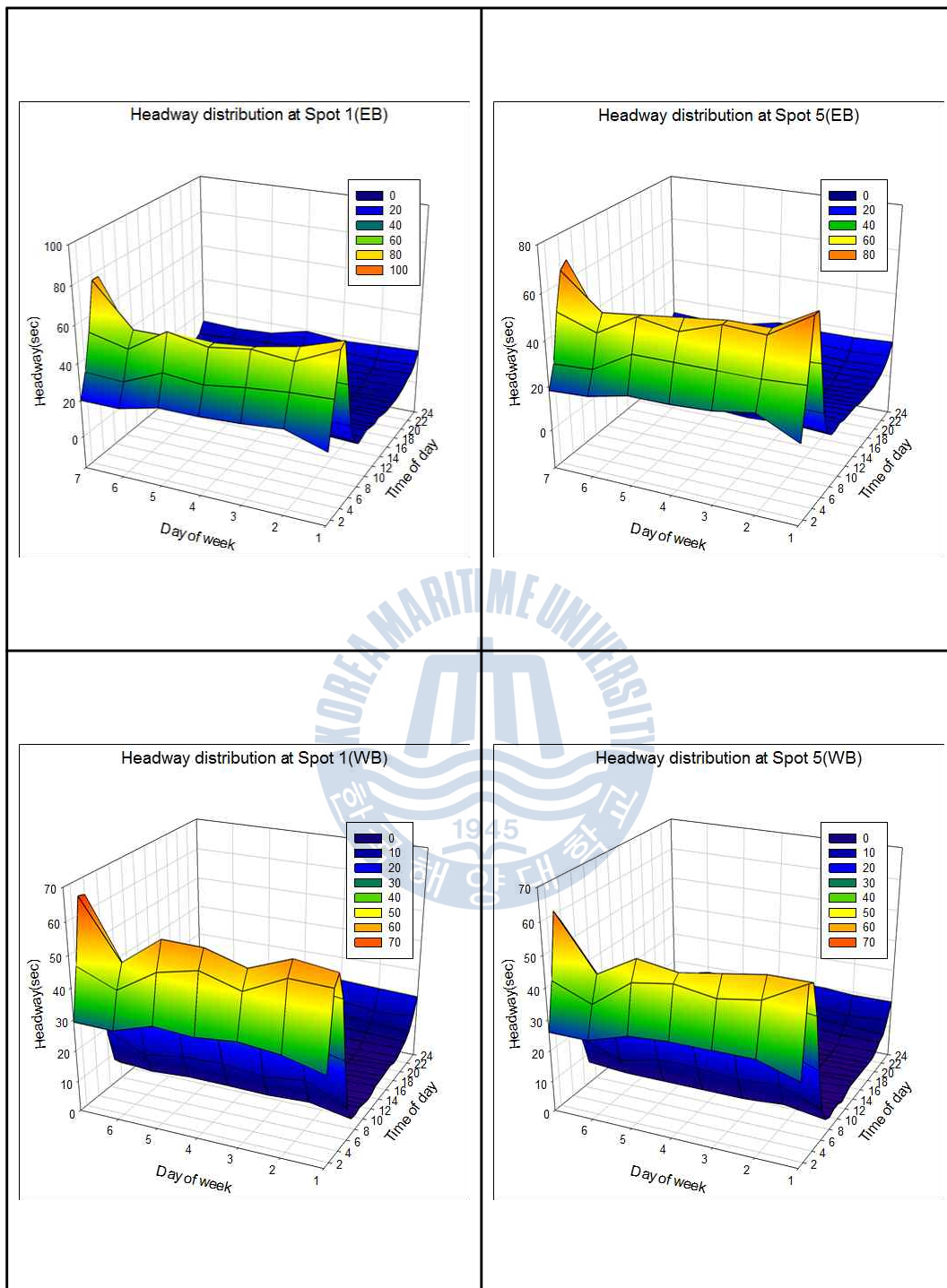


Figure 3.25 3D Headway graph at Expressway Ex-10

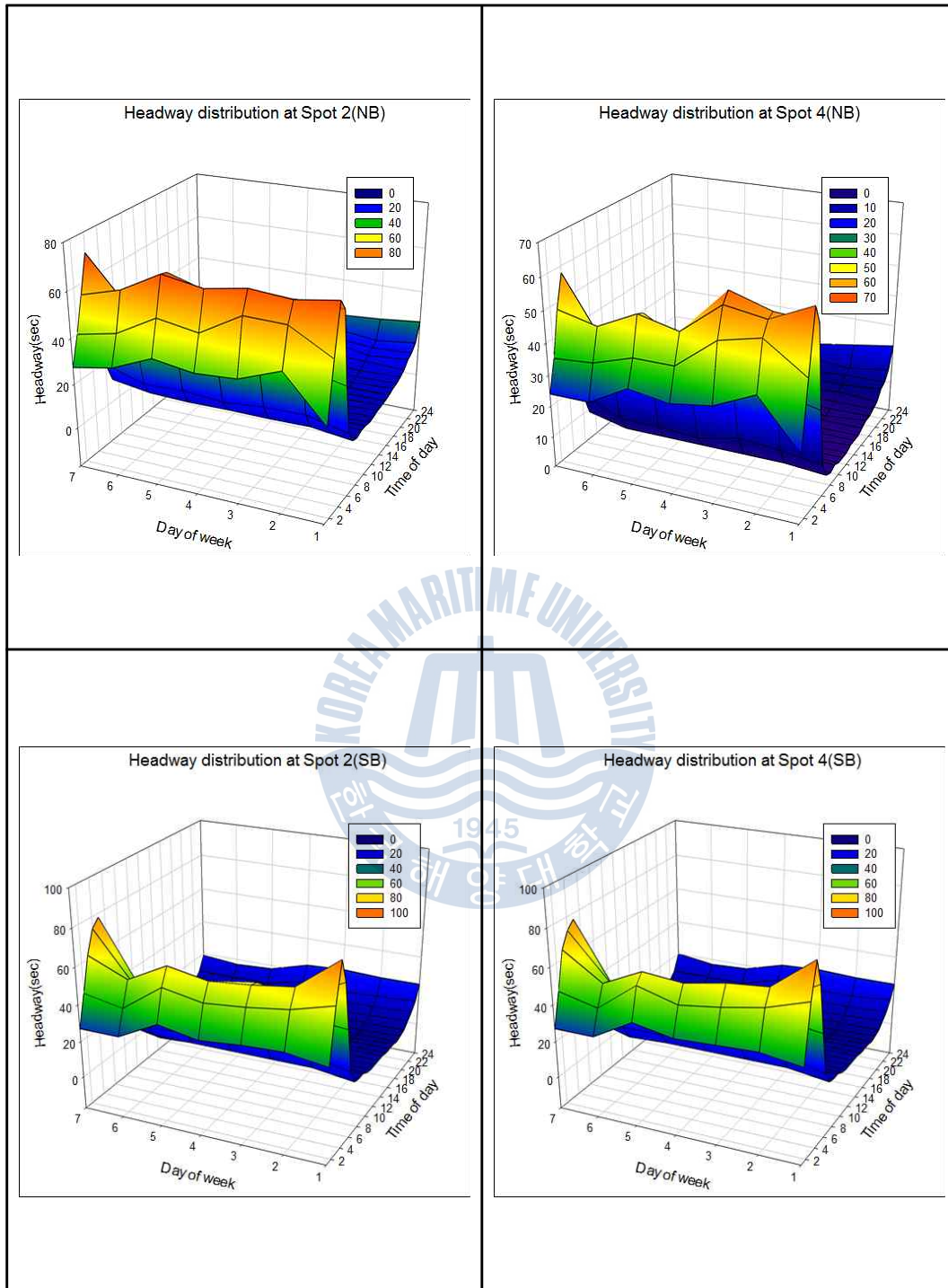


Figure 3.26 3D Headway graph at Expressway Ex-1

Table 3.14 Headway statistics at Expressway Ex-10 for weekday

Direction	Statistics	Headway(sec)	Shift(%)
Ex-10(EB)	Max	57.9	+281
	Min	4.2	-72
	Avg	15.2	-
	AM-Peak	-	-
	PM-Peak	4.5	-71
Ex-10(WB)	Max	53.7	+263
	Min	4.3	-71
	Avg	14.8	-
	AM-Peak	4.5	-69
	PM-Peak	-	-

Table 3.15 Headway statistics at Expressway Ex-10 for weekend

Direction	Statistics	Headway(sec)	Shift(%)
Ex-10(EB)	Max	60.5	+302
	Min	3.5	-77
	Avg	15.1	-
	AM-Peak	-	-
	PM-Peak	3.6	-76
Ex-10(WB)	Max	54.5	+281
	Min	3.9	-73
	Avg	14.3	-
	AM-Peak	4.2	-71
	PM-Peak	-	-

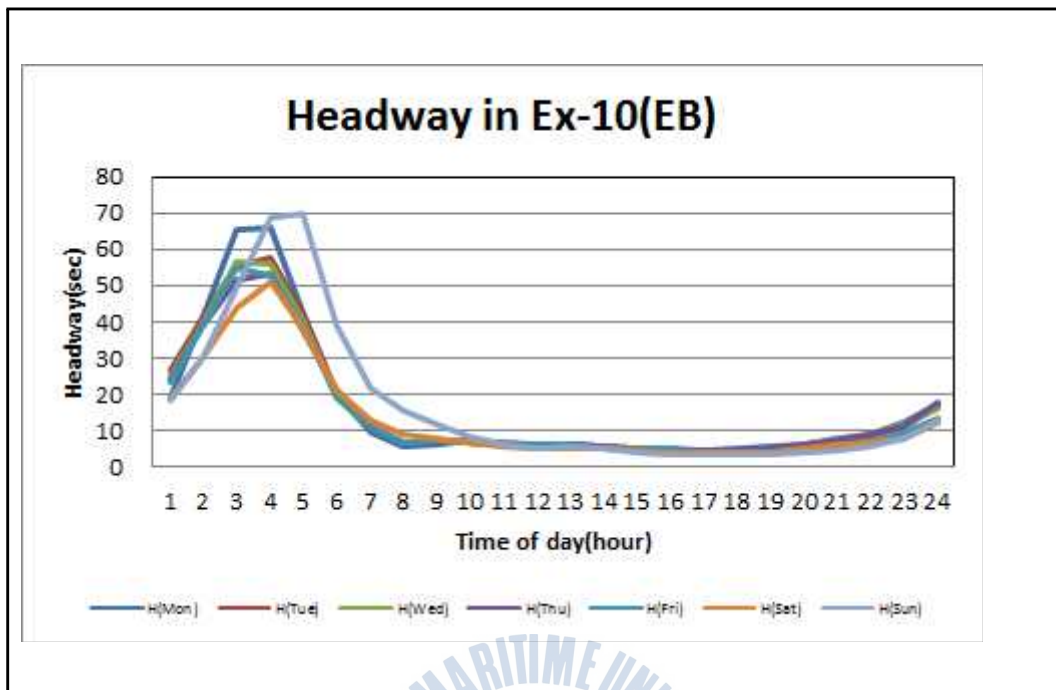


Figure 3.27 Headway distribution in Ex-10(EB)

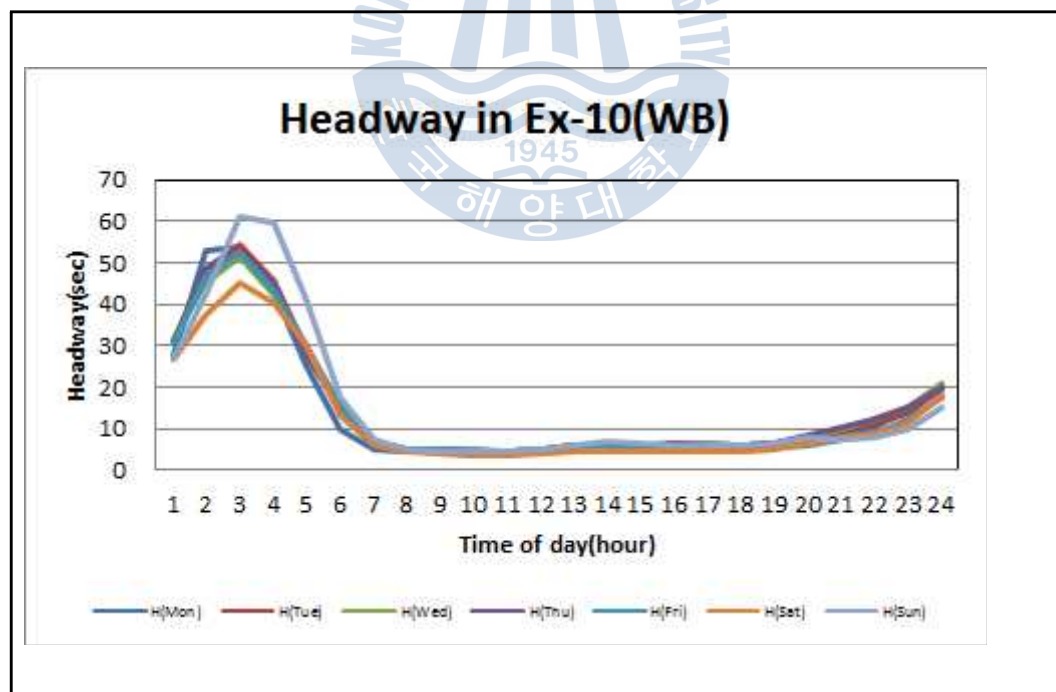


Figure 3.28 Headway distribution in Ex-10(WB)

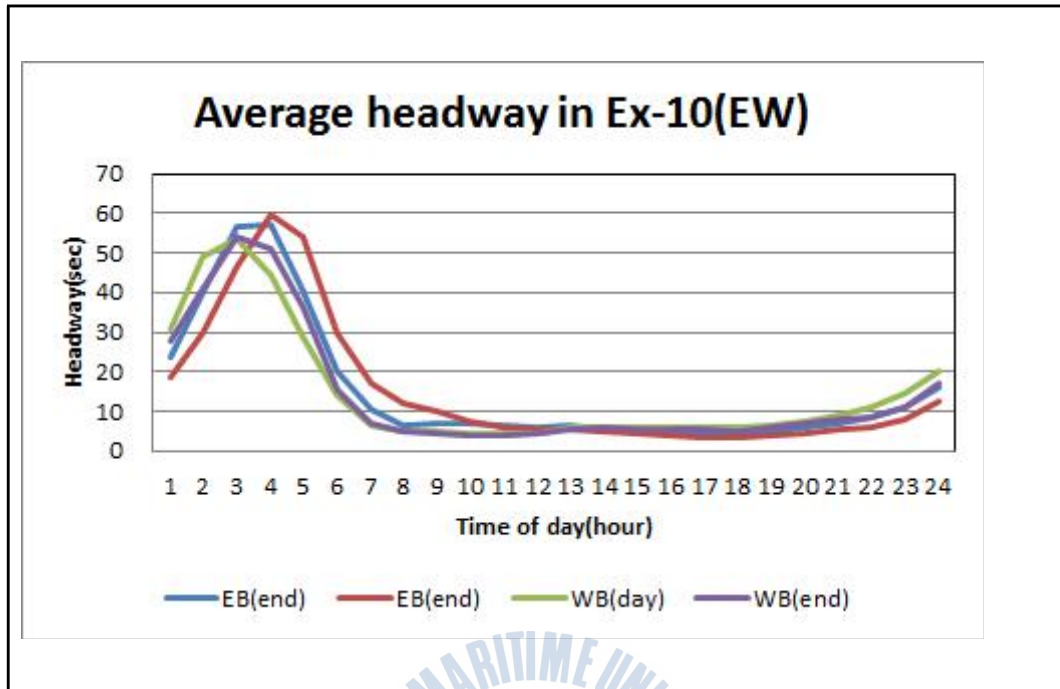


Figure 3.29 Average headway distribution in Ex-10(EW)

다음으로 국내의 고속도로 Ex-1(NB)에서는 주중에 시간별 통행량 집중도에 따라 최대 차두시간이 약 66sec로 평균 차두시간 약 17sec와 비교하여 약 289%정도 증가하였고 최소 차두시간은 약 4sec로 평균 차두시간과 비교하여 약 77%정도 감소한 반면, 주말에는 최대 차두시간이 약 62sec로 평균 차두시간 약 15sec와 비교하여 약 321%정도 증가하였고 최소 차두시간은 약 3sec로 평균 차두시간과 비교하여 약 77%정도 감소한 것으로 나타났다. 특히, 전형적인 출퇴근시간대(오전 7시~9시와 오후 17시~19시)와 비교하여 고속도로 Ex-1(NB)에서는 주중에 업무목적의 통행량이 집중하는 오전 첨두시간대(AM-Peak: 10시~11시)에 약 75%정도의 차두시간 감소를 보였고 주말에는 여가목적과 업무목적의 통행량이 집중하는 오전 첨두시간대(AM-Peak: 10시~11시)에 약 75%정도 차두시간 감소를 보인 것으로 나타났다(참조 Tables 3.16~3.17과 Figures 3.30~3.32).

그리고 국내의 고속도로 Ex-1(SB)에서는 주중에 최대 차두시간이 약 69sec로 평균 차두시간 약 18sec와 비교하여 약 272%정도 증가하였고 최소 차두시간은 약 4sec로 평균 차두시간과 비교하여 약 78%정도 감소한 반면, 주말에는 최대 차두시간이 약 67sec로 평균 차두시간 약 17sec와 비교하여 약 285%정도 증가하였고 최소 차두시간은 약 3sec로 평균 차두시간과 비교하여 약 81%정도 감소한 것으로 나타났다. 특히, 전형적인 출퇴근시간대(오전 7시~9시와 오후 17시~19시)와 비교하여 고속도로 Ex-1(SB)에서는 주중에 업무목적과 퇴근목적의 통행량이 집중하는 오후 첨두시간대(PM-Peak: 17시~18시)에 약 76%정도의 차두시간 감소를 보였고 주말에는 여가목적과 업무목적의 통행량이 집중하는 오후 첨두시간대(PM-Peak: 17시~18시)에 약 80%정도 차두시간 감소를 보인 것으로 나타났다(참조 Tables 3.16~3.17과 Figures 3.30~3.32).

Table 3.16 Headway statistics at Expressway Ex-1 for weekday

Direction	Statistics	Headway(sec)	Shift(%)
Ex-1(NB)	Max	65.8	+289
	Min	4.0	-77
	Avg	16.9	-
	AM-Peak	4.2	-75
	PM-Peak	-	-
Ex-1(SB)	Max	68.6	+272
	Min	4.1	-78
	Avg	18.4	-
	AM-Peak	-	-
	PM-Peak	4.4	-76

Table 3.17 Headway statistics at Expressway Ex-1 for weekend

Direction	Statistics	Headway(sec)	Shift(%)
Ex-1(NB)	Max	61.6	+321
	Min	3.4	-77
	Avg	14.6	-
	AM-Peak	3.7	-75
	PM-Peak	-	-
Ex-1(SB)	Max	66.9	+285
	Min	3.4	-81
	Avg	17.4	-
	AM-Peak	-	-
	PM-Peak	3.5	-80

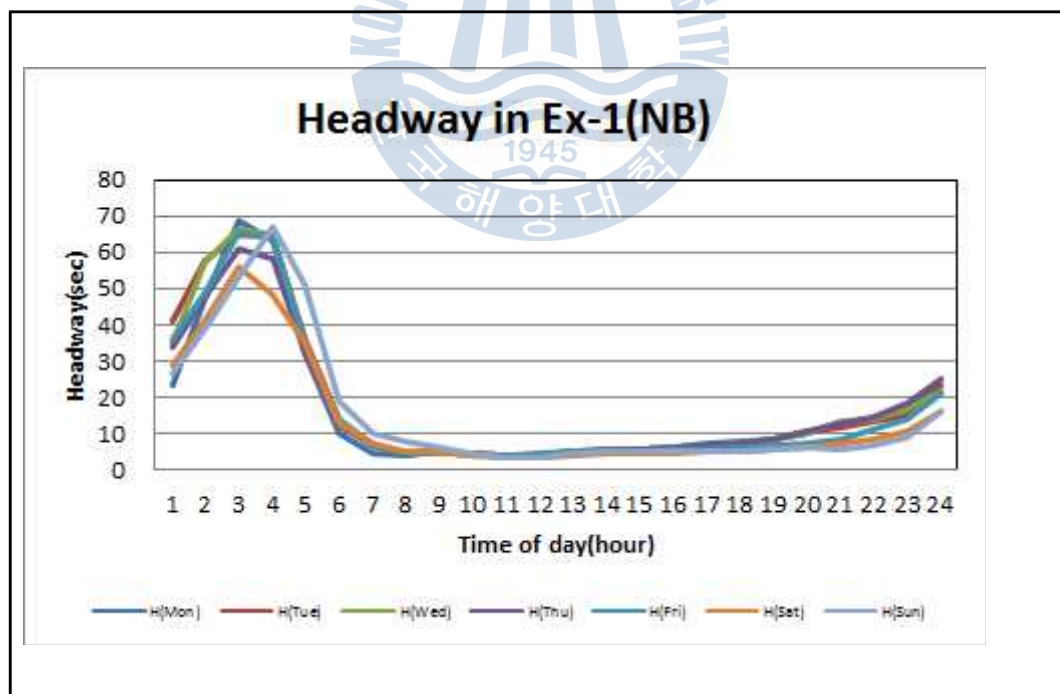


Figure 3.30 Headway distribution in Ex-1(NB)

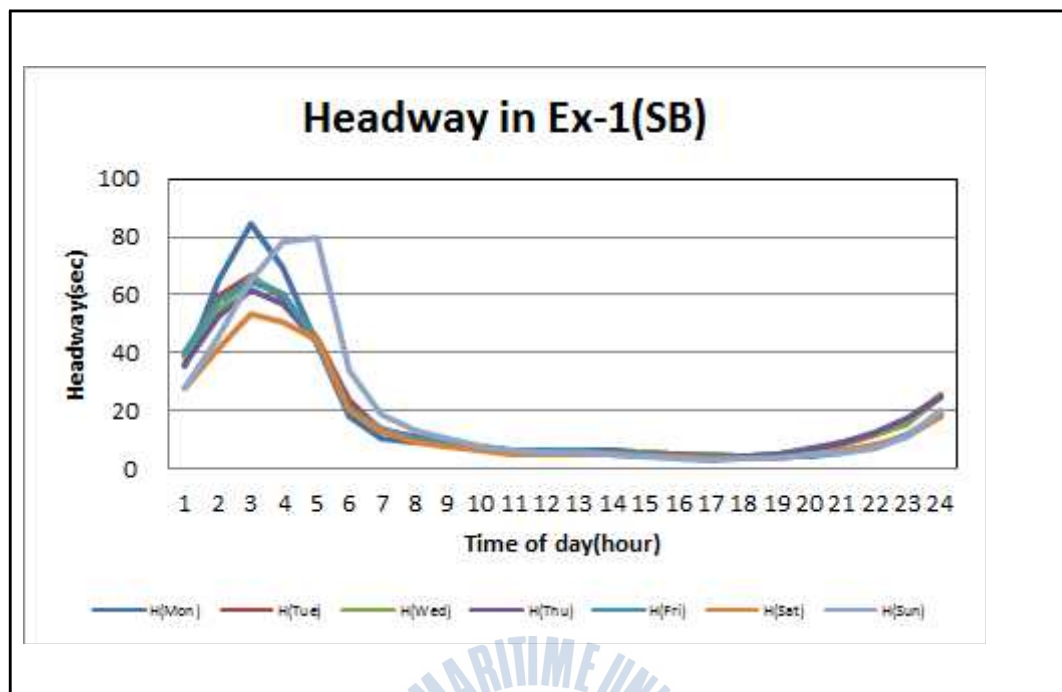


Figure 3.31 Headway distribution in Ex-1(SB)

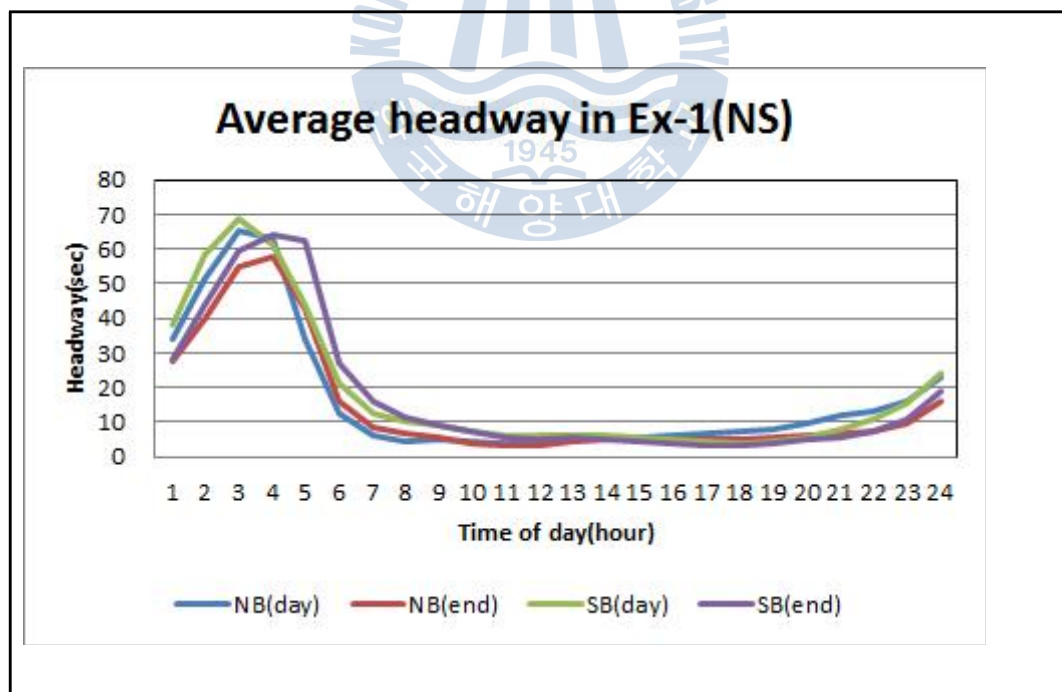


Figure 3.32 Average headway distribution in Ex-1(NS)

결과적으로 고속도로 Ex-1과 Ex-10의 차두시간분포에서 고속도로와 방향에 관계없이 시간별로 뚜렷한 차이를 보였는데, 주중에 퇴근목적과 업무목적의 통행량이 집중하는 오전 오후 첨두시간대 차두시간이 약 69%~76%정도까지 감소하였으나 주말에 여가목적과 업무목적의 통행량 집중으로 오전 오후 첨두시간대 차두시간이 약 71%~80%정도까지 감소하는 것으로 나타났다.



3.2.5 밀도분석

일반적으로 밀도(density)란 단위구간 내 통행하고 있는 차량대수를 의미하는데, 밀도 자료의 신뢰성을 위해 단위구간 내 이동차량의 대수를 직접 관측한다는 것은 쉽지 않기 때문에 1km 단위거리를 중심으로 속도와 차두시간으로부터 산정하였다.

그리하여 고속도로 Ex-1과 Ex-10의 기본구간에서 수집 가공된 밀도의 단위는 vehicle per kilometer per lane(veh/km/l)로 표현되었으며, 다음과 같은 계산과정을 거쳐 특성분석에 사용하였다(조, 2012; 김 등, 2007; 김 등, 2008; 이 등, 1999; TRB, 1975).

$$D_h = \frac{\overline{T_h} \times U_s}{3.6} \quad (3.6)$$

$$K = \frac{1,000}{D_h} \quad (3.7)$$

여기서,

D_h : headway distance(m/veh)

$\overline{T_h}$: mean headway(sec)

U_s : space mean speed(km/h)

K : density(veh/km/l)

고속도로 Ex-1과 Ex-10의 5개 자료관측지점에 대해 밀도분포를 조사한 결과, 아래의 **Figures 3.33~3.34**에서 보는 바와 같이 요일별 시간별 밀도분포에서 뚜렷한 차이를 보였고, 또한 방향별 밀도분포에서도 서로 다른 밀도특성을 보였기 때문에 주중과 주말로 구분하여 방향별 밀도특성을 분석하였다.

우선적으로 국내의 고속도로 Ex-10(EB)에서는 주중에 최대 밀도가 약 9대

(veh/km/l)로 평균 밀도 약 5대(veh/km/l)와 비교하여 약 86%정도 증가하였고 최소 밀도는 약 1대(veh/km/l)로 평균 밀도와 비교하여 약 86%정도 감소한 반면, 주말에는 최대 밀도가 약 11대(veh/km/l)로 평균 밀도 약 5대(veh/km/l)와 비교하여 약 104%정도 증가하였고 최소 밀도는 약 1대(veh/km/l)로 평균 밀도와 비교하여 약 88%정도 감소한 것으로 나타났다. 특히, 전형적인 출퇴근 시간대(오전 7시~9시와 오후 17시~19시)와 비교하여 고속도로 Ex-10(EB)에서는 주중에 업무목적과 퇴근목적의 통행량이 집중하는 오후 첨두시간대(PM-Peak: 17시~18시)에 약 76%정도의 밀도증가를 보였고 주말에는 여가목적과 업무목적의 통행량이 집중하는 오후 첨두시간대(PM-Peak: 17시~18시)에 약 96%의 밀도증가를 보인 것으로 나타났다(참조 Tables 3.18~3.19과 Figures 3.35~3.37).

그리고 국내의 고속도로 Ex-10(WB)에서는 주중에 최대 밀도가 약 9대(veh/km/l)로 평균 밀도 약 5대(veh/km/l)와 비교하여 약 84%정도 증가하였고 최소 밀도는 약 1대(veh/km/l)로 평균 밀도와 비교하여 약 85%정도 감소한 반면, 주말에는 최대 밀도가 약 10대(veh/km/l)로 평균 밀도 약 5대(veh/km/l)와 비교하여 약 86%정도 증가하였고 최소 밀도는 약 1%로 평균 밀도와 비교하여 약 86%정도 감소한 것으로 나타났다. 특히, 전형적인 출퇴근시간대(오전 7시~9시와 오후 17시~19시)와 비교하여 고속도로 Ex-10(WB)에서는 주중에 업무목적의 통행량이 집중하는 오전 첨두시간대(AM-Peak: 10시~11시)에 약 75%정도의 밀도증가를 보였고 주말에는 여가목적과 업무목적의 통행량이 집중하는 오전 첨두시간대(AM-Peak: 10시~11시)에 약 77%의 밀도증가를 보인 것으로 나타났다(참조 Tables 3.18~3.19과 Figures 3.35~3.37).

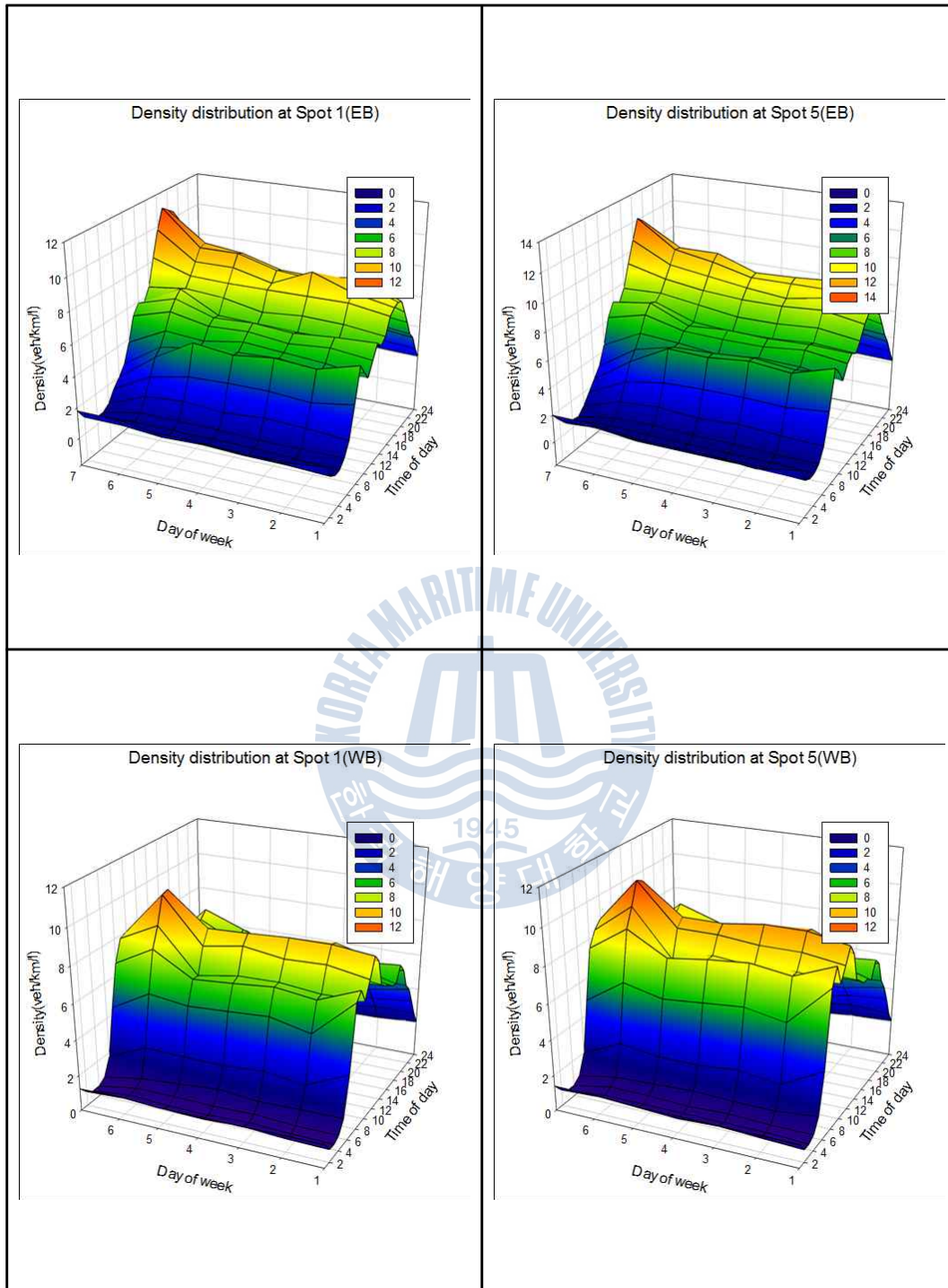


Figure 3.33 3D Density graph at Expressway Ex-10

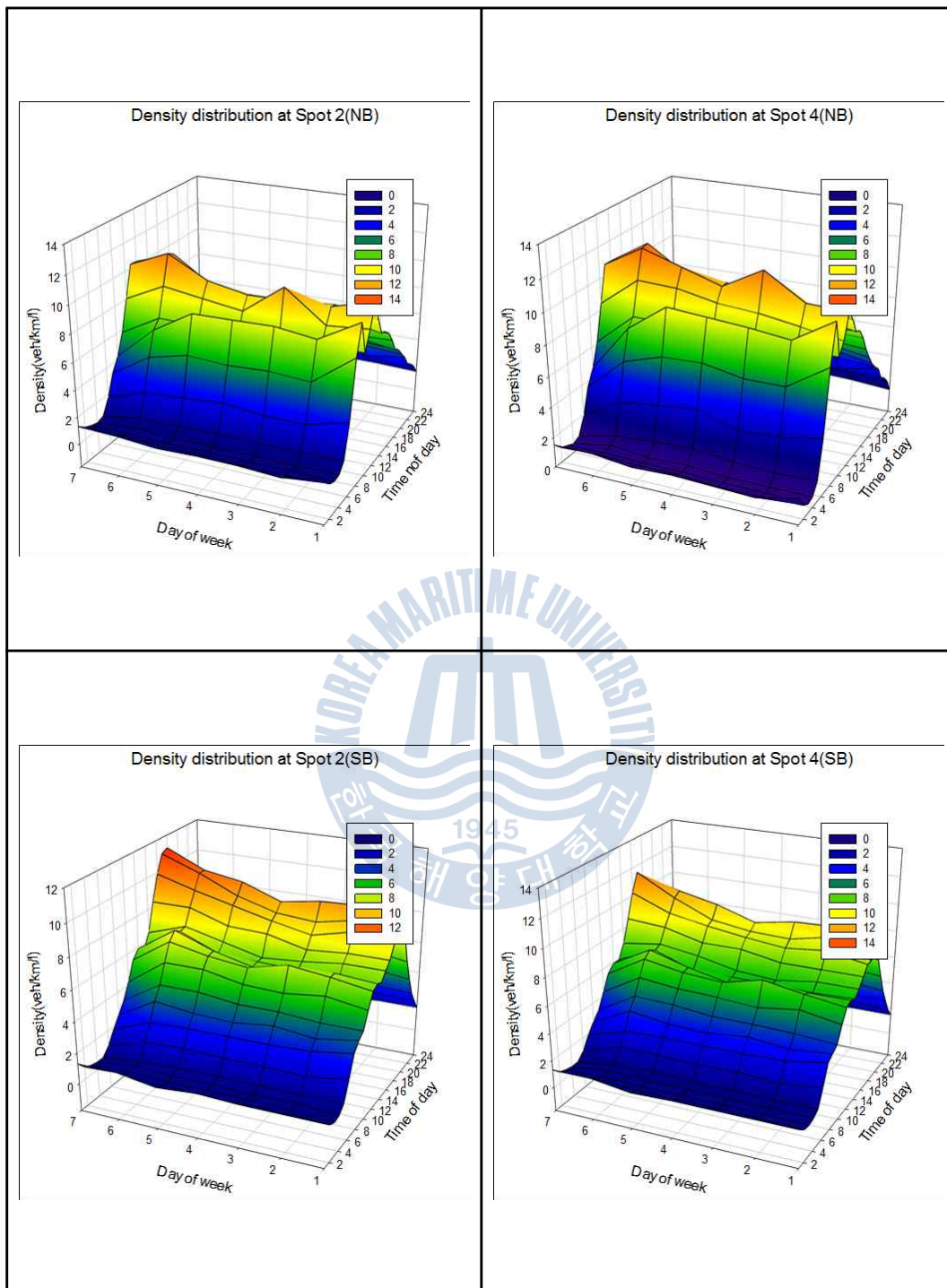


Figure 3.34 3D Density graph at Expressway Ex-1

Table 3.18 Density statistics at Expressway Ex-10 for weekday

Direction	Statistics	Density(veh/km/l)	Shift(%)
Ex-10(EB)	Max	8.9	+86
	Min	0.7	-86
	Avg	4.8	-
	AM-Peak	-	-
	PM-Peak	8.4	+76
Ex-10(WB)	Max	9.1	+84
	Min	0.7	-85
	Avg	4.9	-
	AM-Peak	8.6	+75
	PM-Peak	-	-

Table 3.19 Density statistics at Expressway Ex-10 for weekend

Direction	Statistics	Density(veh/km/l)	Shift(%)
Ex-10(EB)	Max	10.8	+104
	Min	0.6	-88
	Avg	5.3	-
	AM-Peak	-	-
	PM-Peak	10.3	+96
Ex-10(WB)	Max	9.6	+86
	Min	0.7	-86
	Avg	5.1	-
	AM-Peak	9.1	+77
	PM-Peak	-	-

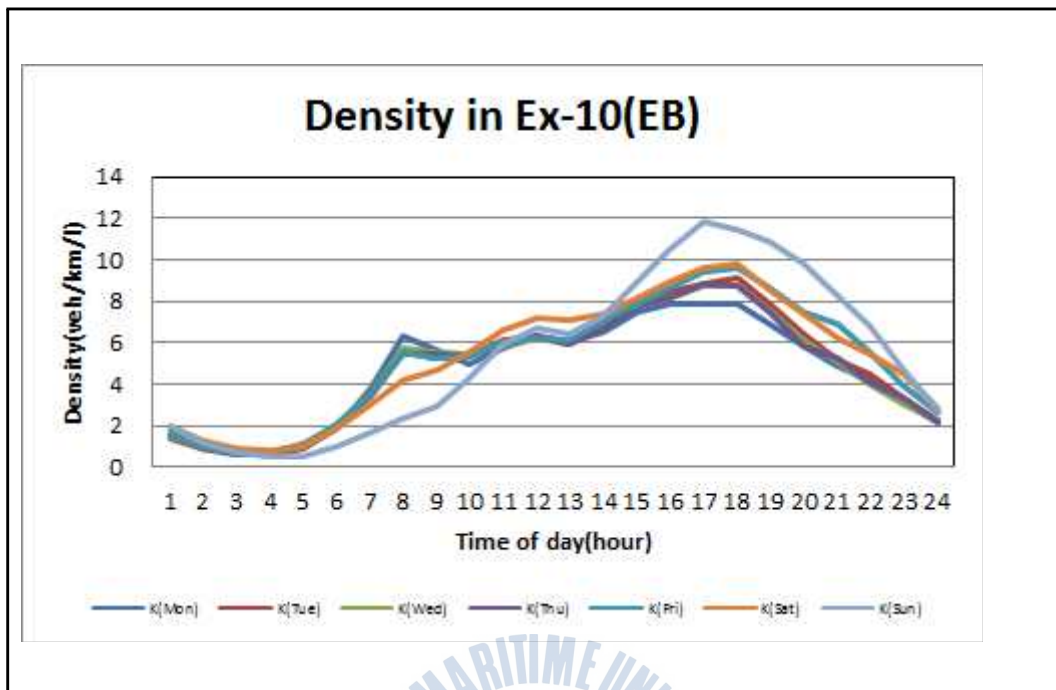


Figure 3.35 Density distribution in Ex-10(EB)

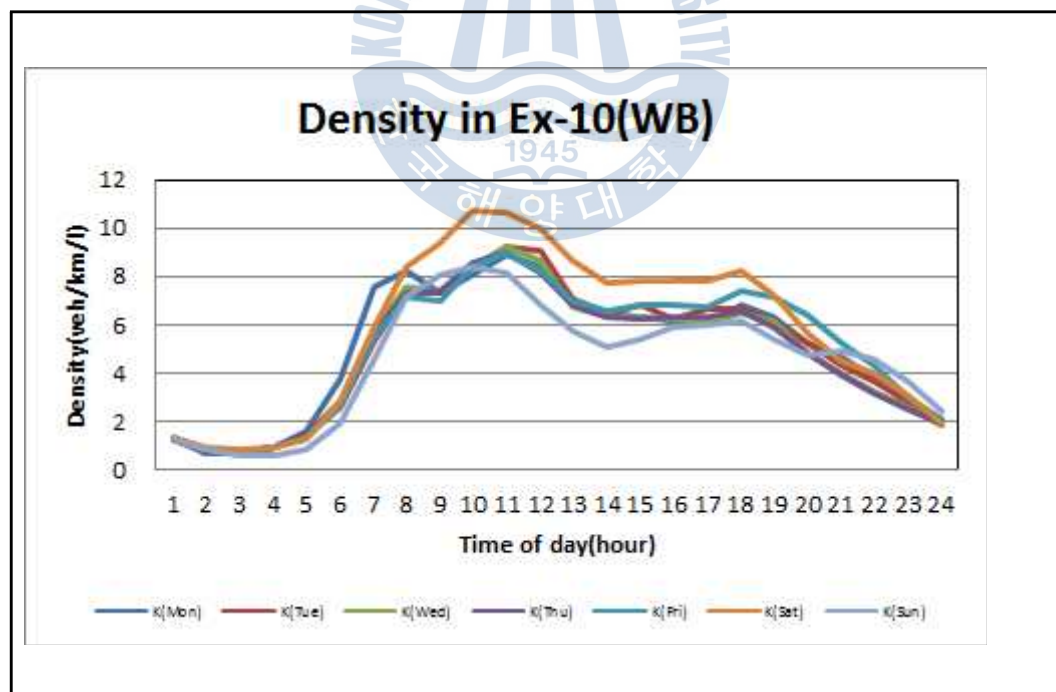


Figure 3.36 Density distribution in Ex-10(WB)

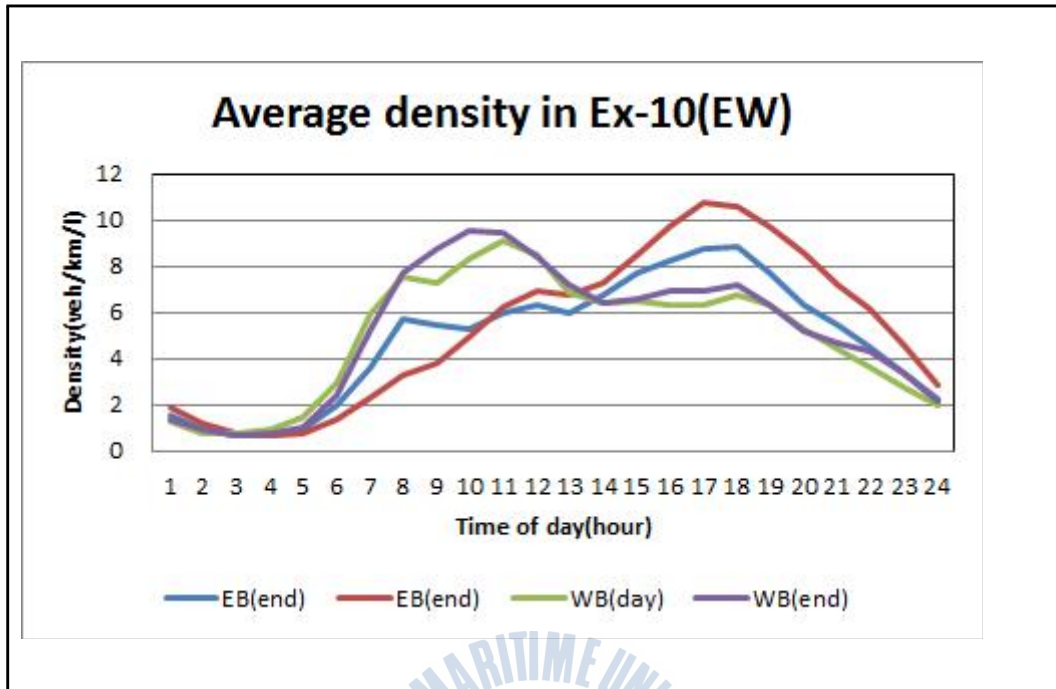


Figure 3.37 Average density distribution in Ex-10(EW)

다음으로 국내의 고속도로 Ex-1(NB)에서는 주중에 최대 밀도가 약 10대 (veh/km/l)로 평균 밀도 약 5대(veh/km/l)와 비교하여 약 108%정도 증가하였고 최소 밀도는 약 1대(veh/km/l)로 평균 밀도와 비교하여 약 88%정도 감소한 반면, 주말에는 최대 밀도가 약 11대(veh/km/l)로 평균 밀도 약 5대 (veh/km/l)와 비교하여 약 108%정도 증가하였고 최소 밀도는 약 1대 (veh/km/l)로 평균 밀도와 비교하여 약 88%정도 감소한 것으로 나타났다. 특히, 전형적인 출퇴근시간대(오전 7시~9시와 오후 17시~19시)와 비교하여 고속도로 Ex-1(NB)에서는 주중에 업무목적의 통행량이 집중하는 오전 첨두시간대(AM-Peak: 10시~11시)에 약 95%정도의 밀도증가를 보였고 주말에는 여가목적과 업무목적의 통행량이 집중하는 오전 첨두시간대(AM-Peak: 10시~11시)에 약 93%정도 밀도증가를 보인 것으로 나타났다(참조 Tables 3.20~3.21과 Figures 3.38~3.40).

그리고 국내의 고속도로 Ex-1(SB)에서는 주중에 최대 밀도가 약 9대(veh/km/l)로 평균 밀도 약 4대(veh/km/l)와 비교하여 약 106%정도 증가하였고 최소 밀도는 약 1대(veh/km/l)로 평균 밀도와 비교하여 약 87%정도 감소한 반면, 주말에는 최대 밀도가 약 11대(veh/km/l)로 평균 밀도 약 5대(veh/km/l)와 비교하여 약 120%정도 증가하였고 최소 밀도는 약 1대(veh/km/l)로 평균 밀도와 비교하여 약 88%정도 감소한 것으로 나타났다. 특히, 전형적인 출퇴근시간대(오전 7시~9시와 오후 17시~19시)와 비교하여 고속도로 Ex-1(SB)에서는 주중에 업무목적과 퇴근목적의 통행량이 집중하는 오후 첨두시간대(PM-Peak: 17시~18시)에 약 92%정도의 밀도증가를 보였고 주말에는 여가목적과 업무목적의 통행량이 집중하는 오후 첨두시간대(PM-Peak: 17시~18시)에 약 107%정도 밀도변화를 보인 것으로 나타났다(참조 Tables 3.20~3.21과 Figures 3.38~3.40).

Table 3.20 Density statistics at Expressway Ex-1 for weekday

Direction	Statistics	Density(veh/km/l)	Shift(%)
Ex-1(NB)	Max	10.2	+108
	Min	0.6	-88
	Avg	4.9	-
	AM-Peak	9.5	+95
	PM-Peak	-	-
Ex-1(SB)	Max	8.9	+106
	Min	0.6	-87
	Avg	4.3	-
	AM-Peak	-	-
	PM-Peak	8.2	+92

Table 3.21 Density statistics at Expressway Ex-1 for weekend

Direction	Statistics	Density(veh/km/l)	Shift(%)
Ex-1(NB)	Max	10.9	+108
	Min	0.6	-88
	Avg	5.2	-
	AM-Peak	10.2	+93
	PM-Peak	-	-
Ex-1(SB)	Max	10.6	+120
	Min	0.6	-88
	Avg	4.8	-
	AM-Peak	-	-
	PM-Peak	10.0	+107

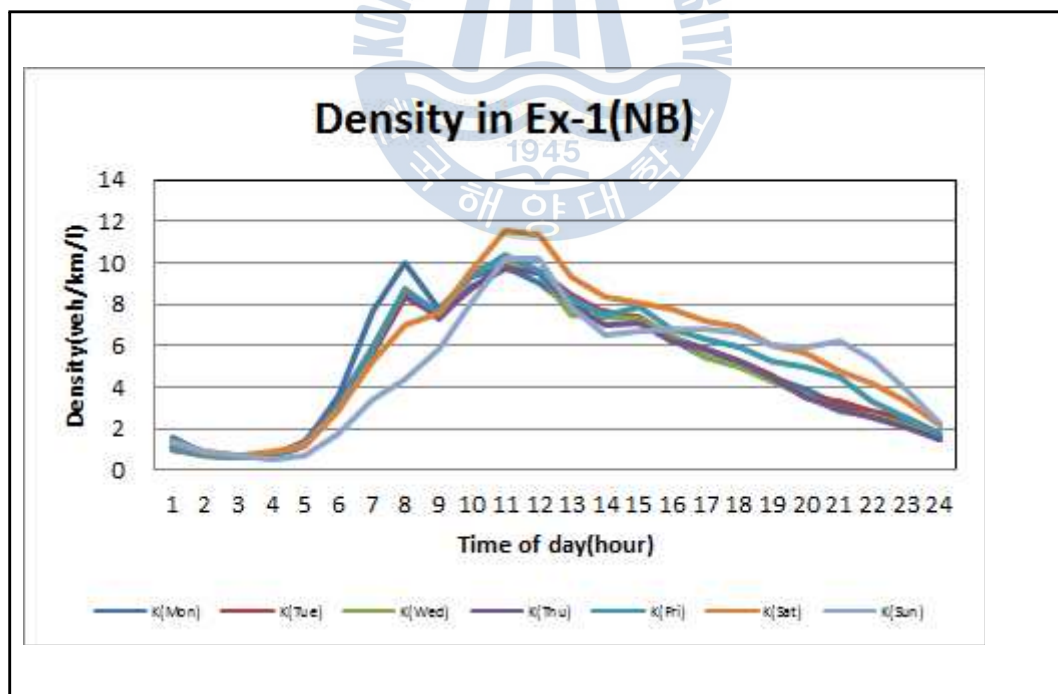


Figure 3.38 Density distribution in Ex-1(NB)

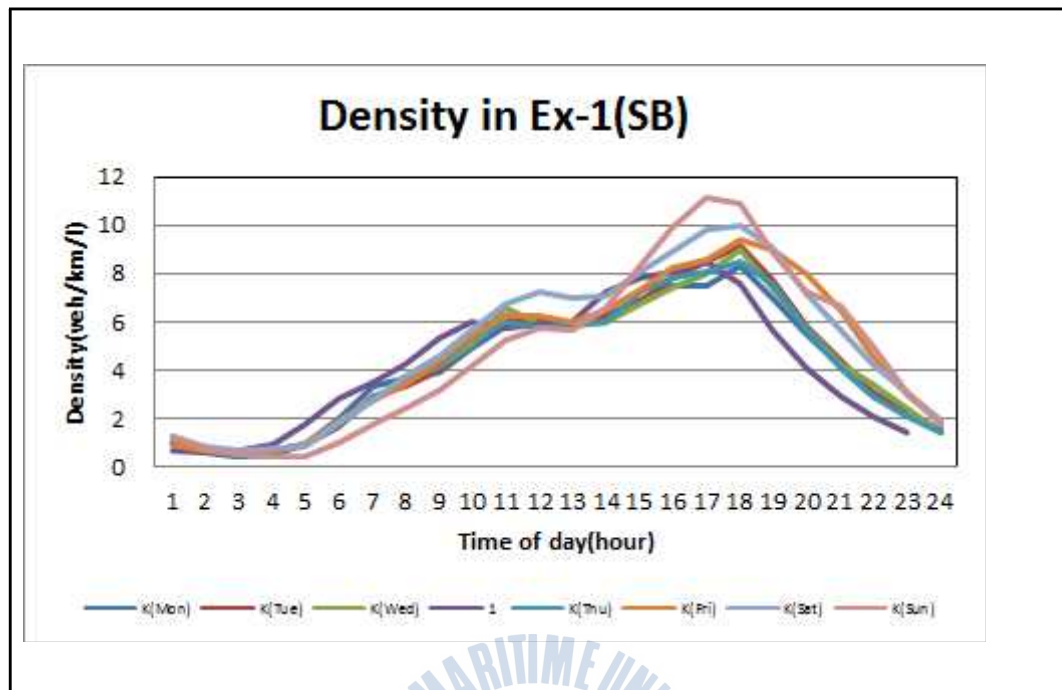


Figure 3.39 Density distribution in Ex-1(SB)

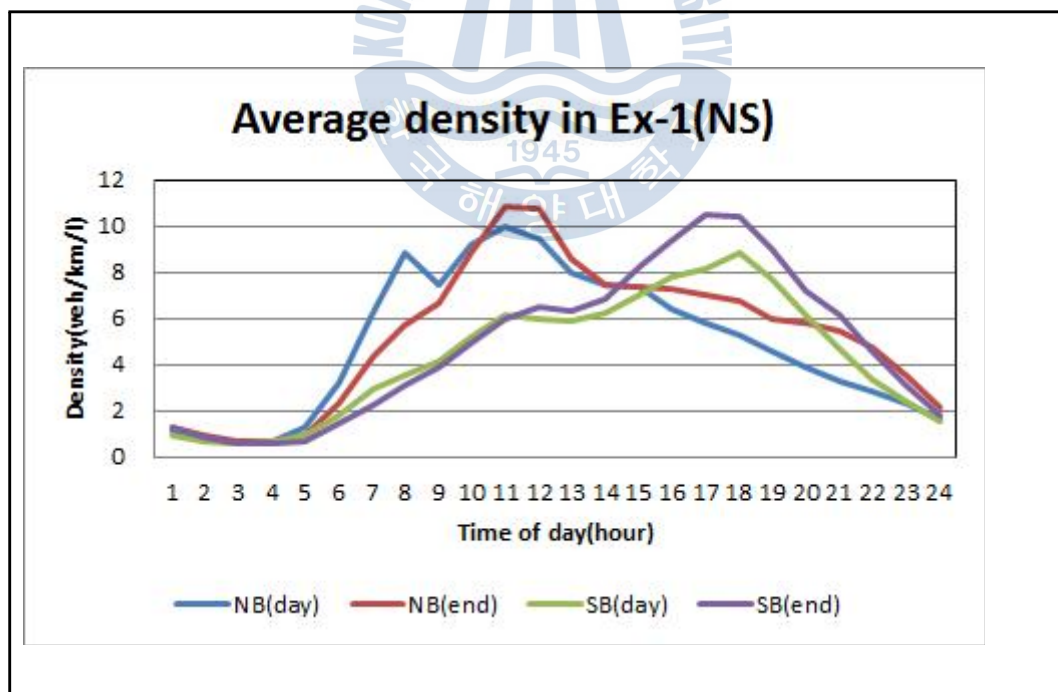


Figure 3.40 Average density distribution in Ex-1(NS)

결과적으로 고속도로 Ex-1과 Ex-10의 밀도분포에서 고속도로와 방향에 관계없이 주중과 주말에 시간대별로 뚜렷한 차이가 있었는데, 주중에는 업무목적과 퇴근목적의 통행량으로 인하여 오전 오후 첨두시간대에 약 75%~95% 정도의 밀도변화를 보였고, 주말에는 여가목적과 업무목적의 통행량으로 인하여 오전 오후 첨두시간대에 약 77%~107% 정도의 밀도변화를 보인 것으로 나타났다.

따라서 고속도로 Ex-1과 Ex-10의 교통특성을 비교 분석할 경우 요일별 시간별 분포를 바탕으로 주중과 주말의 통행특성자료를 중심으로 분석하는 것이 바람직하고, 고속도로 Ex-1과 Ex-10의 기능이 극대화될 수 있도록 주중과 주말의 통행특성을 토대로 실시간의 이용자 정보제공 및 관리시스템(ATIS/ATMS)을 가변정보표지판(variable message signs, VMS)에 제공하는 고속도로교통관리체계(freeway traffic management system, FTMS)의 구축여부를 검토할 필요가 있다고 생각하였다.



4. 설계시간계수 추정치(K)의 분석

설계시간계수 추정치(K)란 1일 24시간 총통행량에 대한 1시간 통행량의 비율로서 다음과 같이 나타낼 수 있으며 고속도로 Ex-1과 Ex-10에 대해 설계시간계수 추정치를 산정하여 비교 분석하였다.

$$K = \frac{Q}{\sum_{i=1}^{24} Q_i}$$

여기서,

K : design hourly factor estimate

Q : traffic volume for 1 hour(veh)

Q_i : traffic volume of i -th hour(veh)

고속도로 Ex-1과 Ex-10의 5개 지점에 대해서 요일별 방향별 설계시간계수 추정치를 비교해보면, 대체적으로 평균 설계시간계수 추정치는 아래 Table 4.1에서 알 수 있듯이 요일이나 방향에 관계없이 0.042로 거의 동일하게 나타났다. 그러나 고속도로 Ex-1(NB)과 고속도로 Ex-10(WB)에서는 월요일과 수요일을 중심으로 최대 설계시간계수의 추정치가 각각 0.079와 0.088로 도시부 고속도로의 설계시간계수 기준치(0.08~0.12) 특성이 강하게 나타났고, 고속도로 Ex-1(SB)과 고속도로 Ex-10(EB)에서는 일요일을 중심으로 최대 설계시간계수의 추정치가 각각 0.088과 0.096으로 역시 도시부 고속도로의 설계시간계수 기준치(0.08~0.12) 특성이 강하게 나타났으며, 특히 아래 Figures 4.1~4.2와 같은 3D K-graph으로부터 각 요일이나 방향에 따라 설계시간계수 추정치의 분포에서 상당한 차이를 확인할 수 있었다. 따라서 고속도로 Ex-1과 Ex-10의 설계시간계수 추정치 분석은 주중과 주말로 분리하여 수행하였다.

Table 4.1 K-statistics at Expressways under the study

Direction	Statistics	K						
		Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat	Sun
Ex-10(EB)	Max	0.071	0.080	0.079	0.078	0.078	0.079	<u>0.088</u>
	Min	0.005	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.004
	Avg	0.042	0.042	0.042	0.042	0.042	0.042	0.042
Ex-10(WB)	Max	0.073	0.077	<u>0.079</u>	0.077	0.072	0.076	0.077
	Min	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.005
	Avg	0.042	0.042	0.042	0.042	0.042	0.042	0.042
Ex-1(NB)	Max	<u>0.088</u>	0.083	0.082	0.083	0.080	0.082	0.084
	Min	0.005	0.005	0.005	0.006	0.005	0.005	0.004
	Avg	0.042	0.042	0.042	0.042	0.042	0.042	0.042
Ex-1(SB)	Max	0.083	0.090	0.090	0.086	0.085	0.083	<u>0.096</u>
	Min	0.004	0.005	0.006	0.006	0.005	0.006	0.004
	Avg	0.042	0.042	0.042	0.042	0.042	0.042	0.042

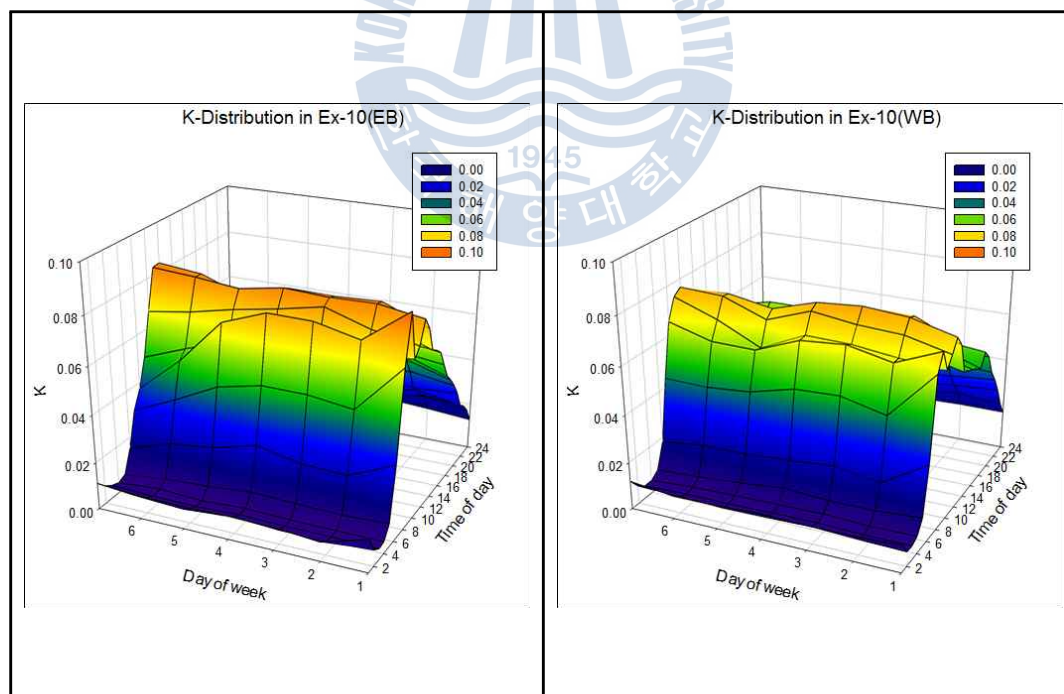


Figure 4.1 3D K-graph in Ex-10

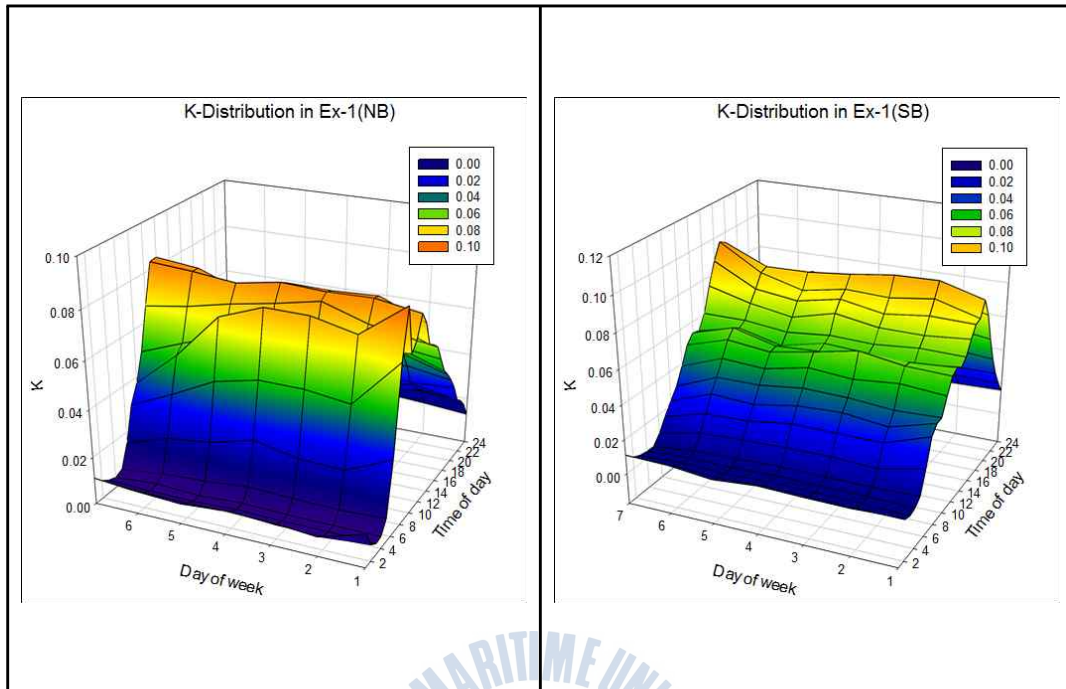


Figure 4.2 3D K-graph in Ex-1

4.1 주중 설계시간계수 추정치의 분석

주중에 고속도로 Ex-1과 Ex-10의 설계시간계수 추정치를 분석해보면, 아래의 Figures 4.3~4.6에서 보는 바와 같이 방향별로 특정시간대에 통행량이 집중하는 첨두 특성을 보이는 것으로 나타났다. 고속도로 Ex-10(EB)에서는 오전시간대보다는 오후시간대(17시~19시)에 설계시간계수 추정치가 첨두 상태(0.077)에 도달하는 것으로 나타났고, 고속도로 Ex-10(WB)에서는 오전시간대(10시~12시)에 설계시간계수 추정치가 첨두 상태(0.076)에 도달한 후 오후시간대에 점점 감소하는 것으로 나타났다. 반면, 고속도로 Ex-1(NB)에서는 오전시간대(10시~12시)에 설계시간계수 추정치가 첨두 상태(0.082)에 도달한 후 오후시간대에 점점 감소하는 것으로 나타났고, 고속도로 Ex-1(SB)에서는 오전시간대보다는 오후시간대(17시~19시)에 설계시간계수 추정치가 첨두 상태(0.087)에 도달하는 것으로 나타났다(참조 Table 4.2와 Figures 4.7~4.14).

Table 4.2 K-statistics at Expressways for weekday

Direction	Statistics	K	Shifting(%)
Ex-10(EB)	Max	0.077	+85
	Min	0.006	-86
	Avg	0.042	-
Ex-10(WB)	Max	0.076	+81
	Min	0.006	-85
	Avg	0.042	-
Ex-1(NB)	Max	0.082	+96
	Min	0.005	-88
	Avg	0.042	-
Ex-1(SB)	Max	0.087	+108
	Min	0.005	-87
	Avg	0.042	-

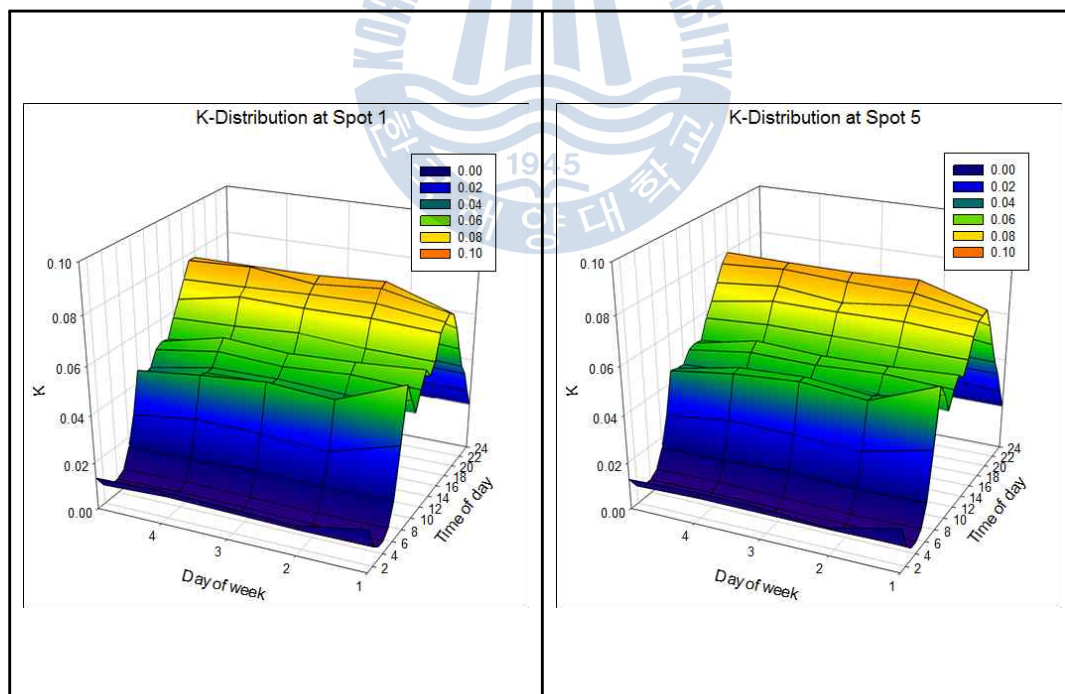


Figure 4.3 3D K-graph in Ex-10(EB) for weekday

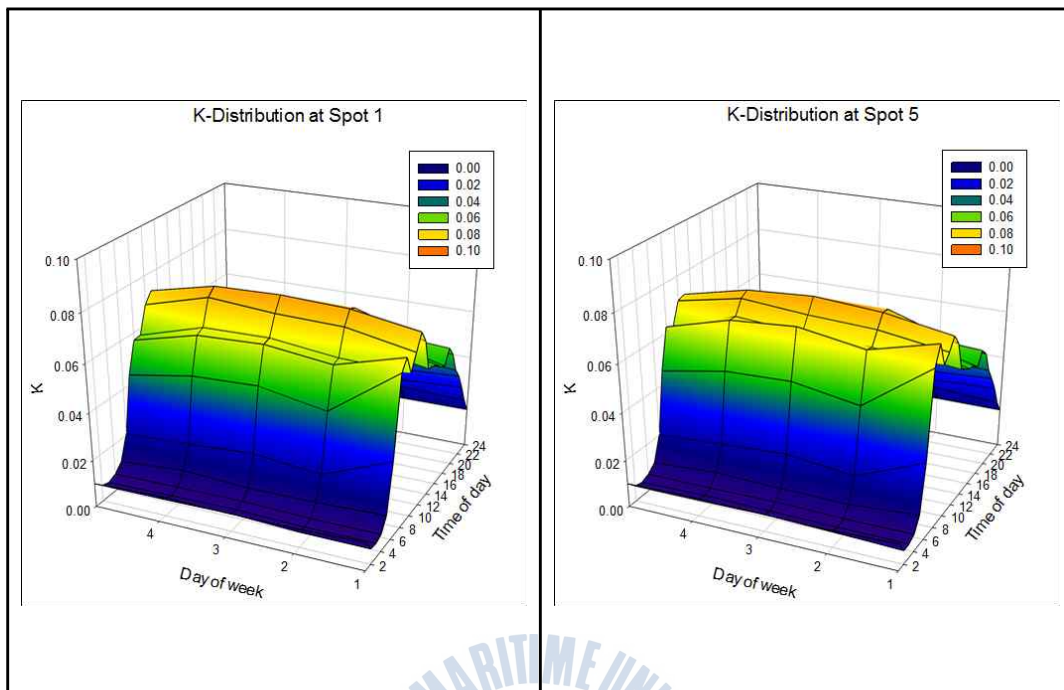


Figure 4.4 3D K-graph in Ex-10(WB) for weekday

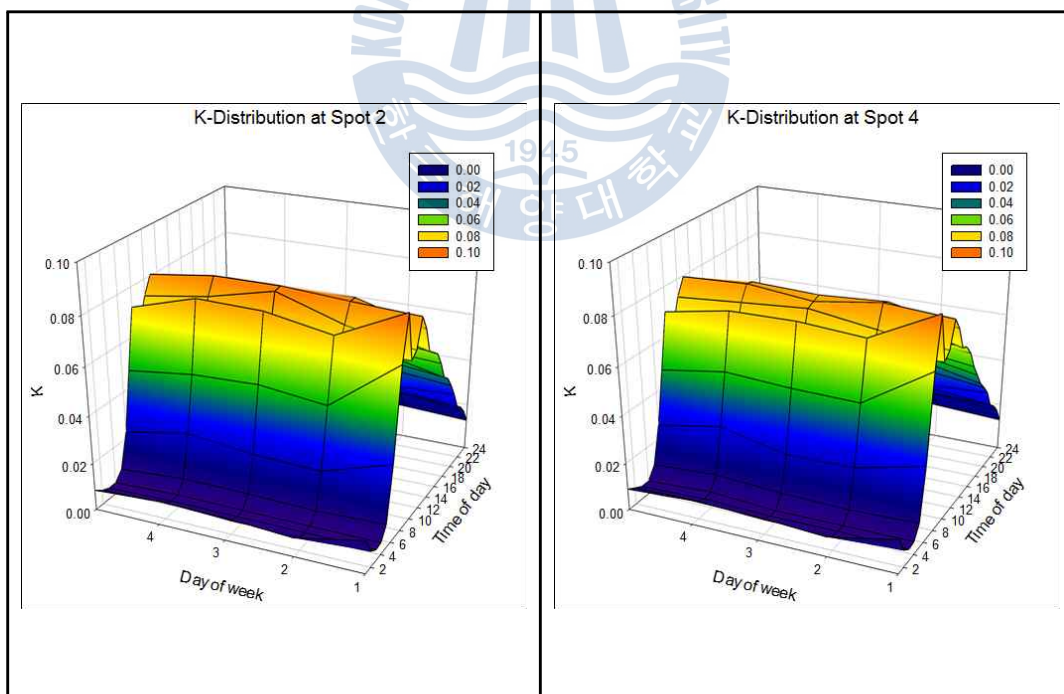


Figure 4.5 3D K-graph in Ex-1(NB) for weekday

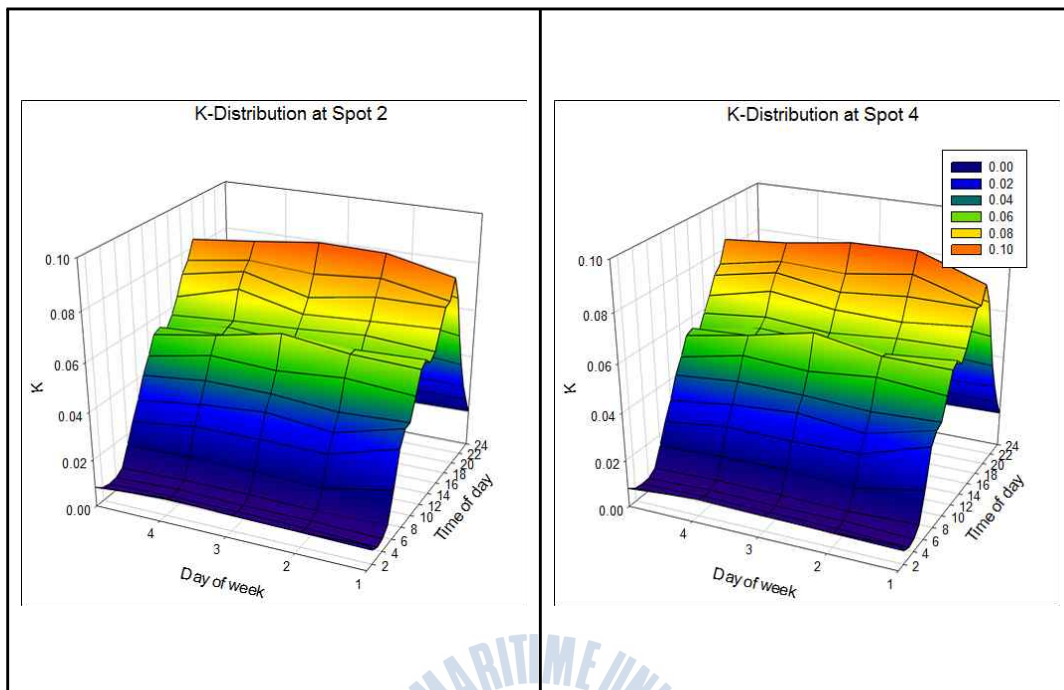


Figure 4.6 3D K-graph in Ex-1(SB) for weekday

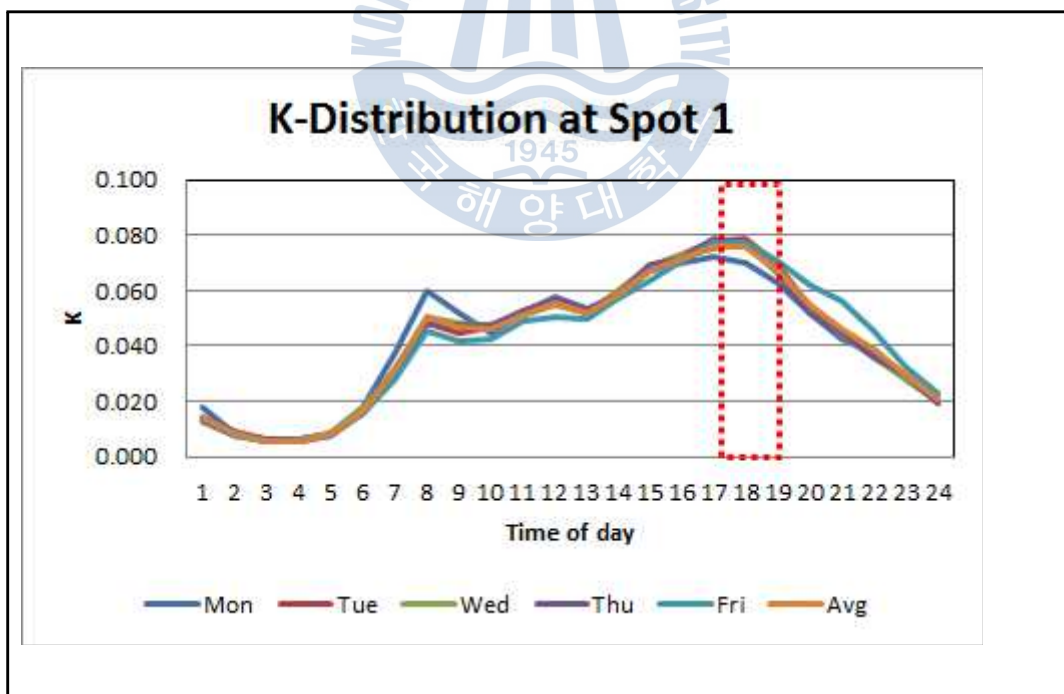


Figure 4.7 Peak-K in Ex-10(EB) for weekday

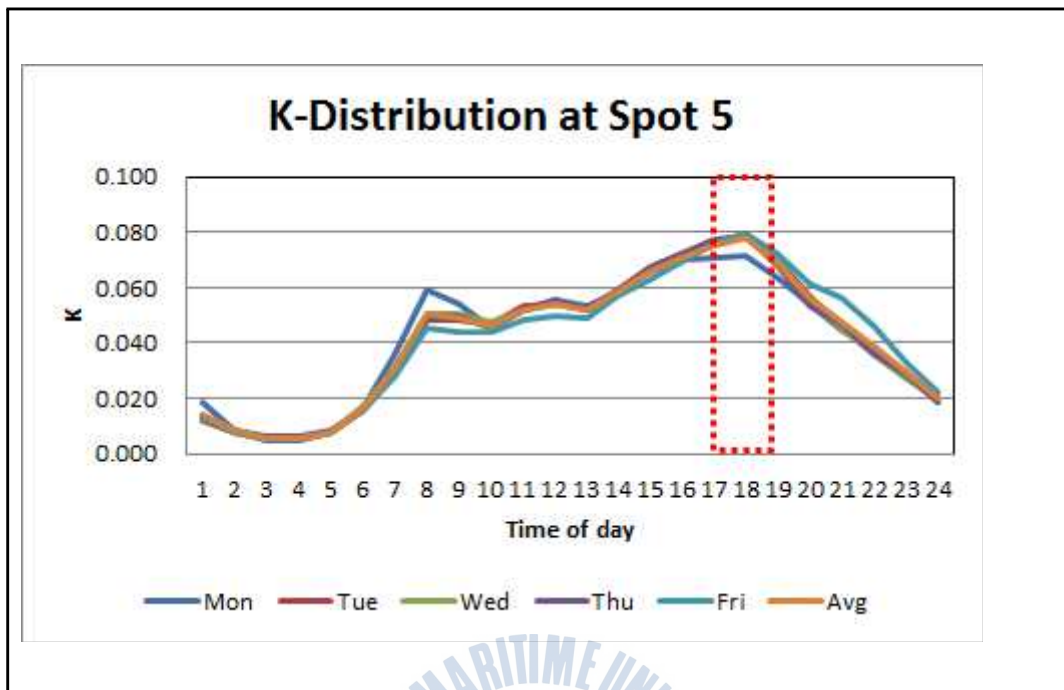


Figure 4.8 Peak-K in Ex-10(EB) for weekday

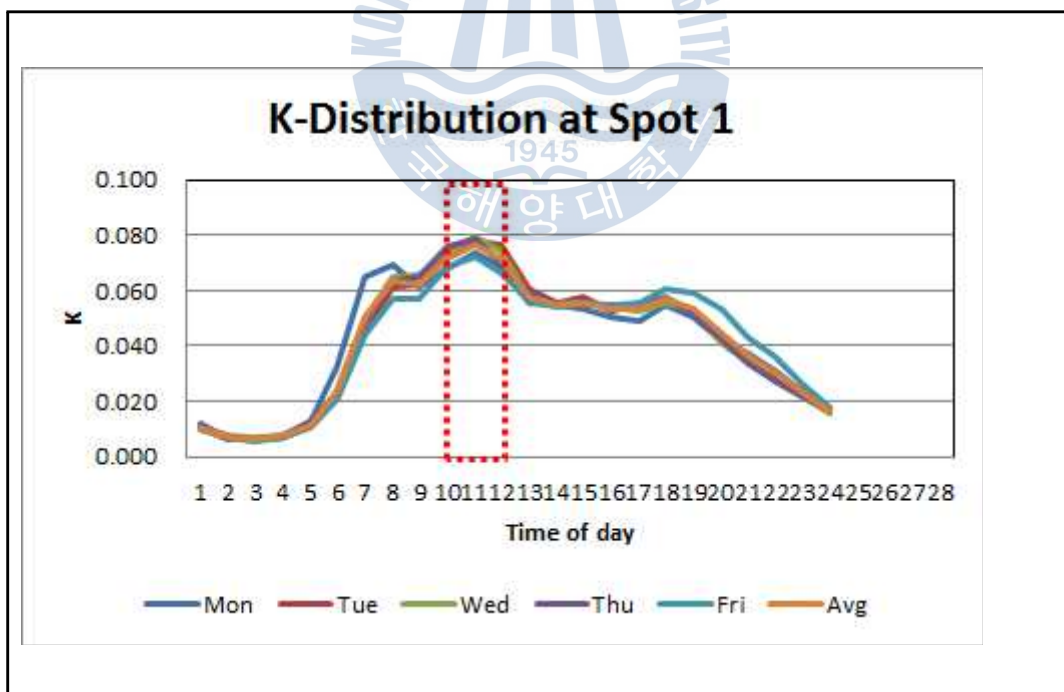


Figure 4.9 Peak-K in Ex-10(WB) for weekday

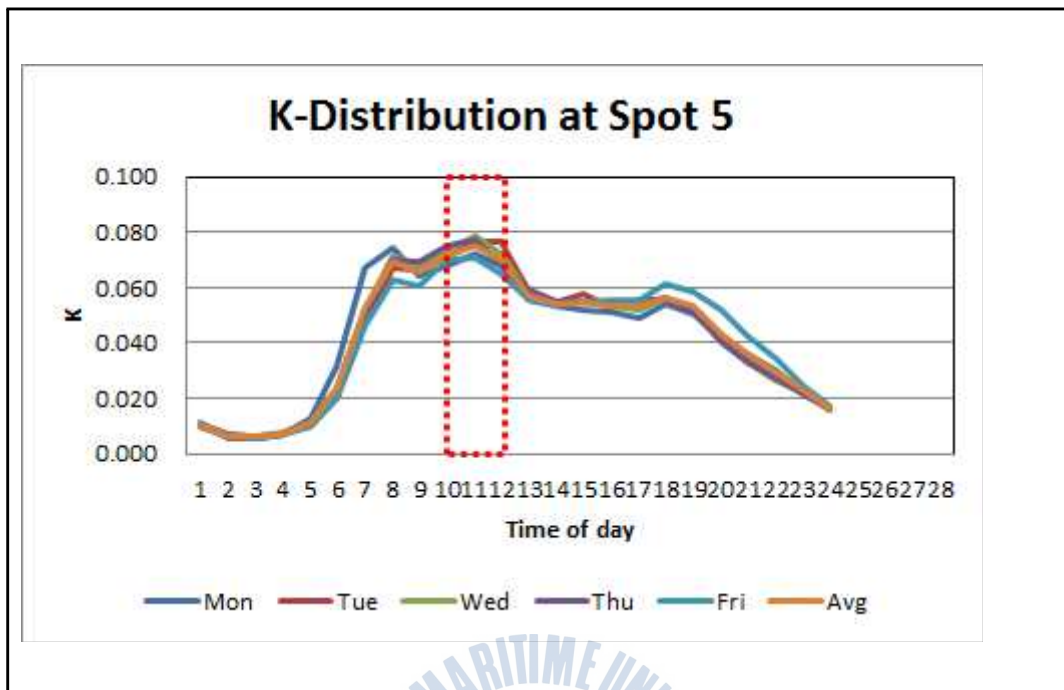


Figure 4.10 Peak-K in Ex-10(WB) for weekday

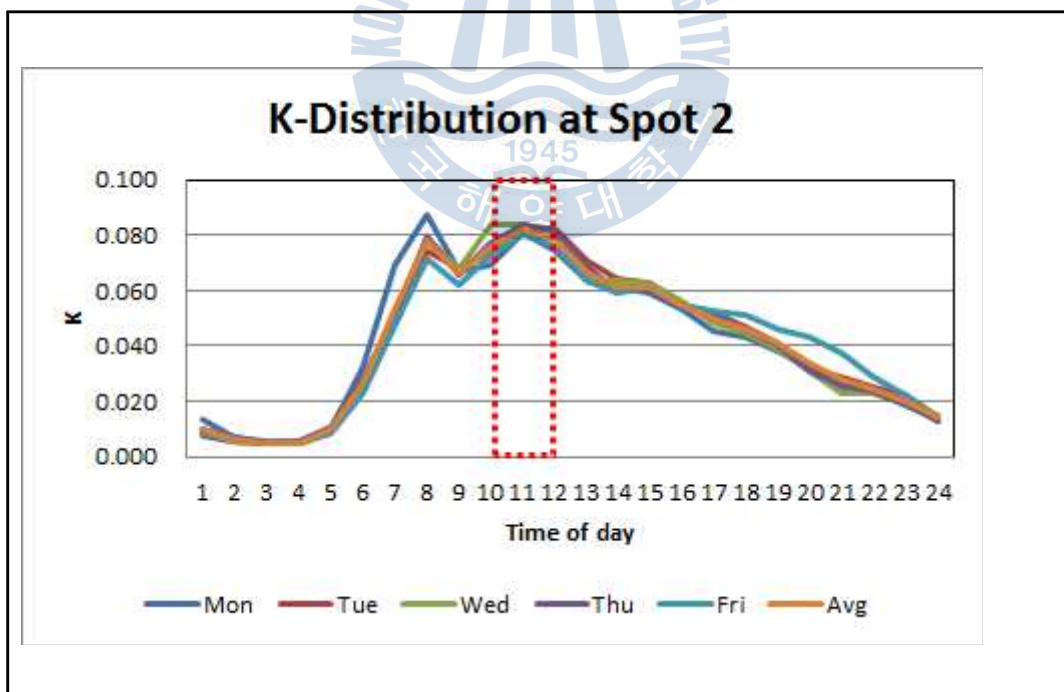


Figure 4.11 Peak-K in Ex-1(NB) for weekday

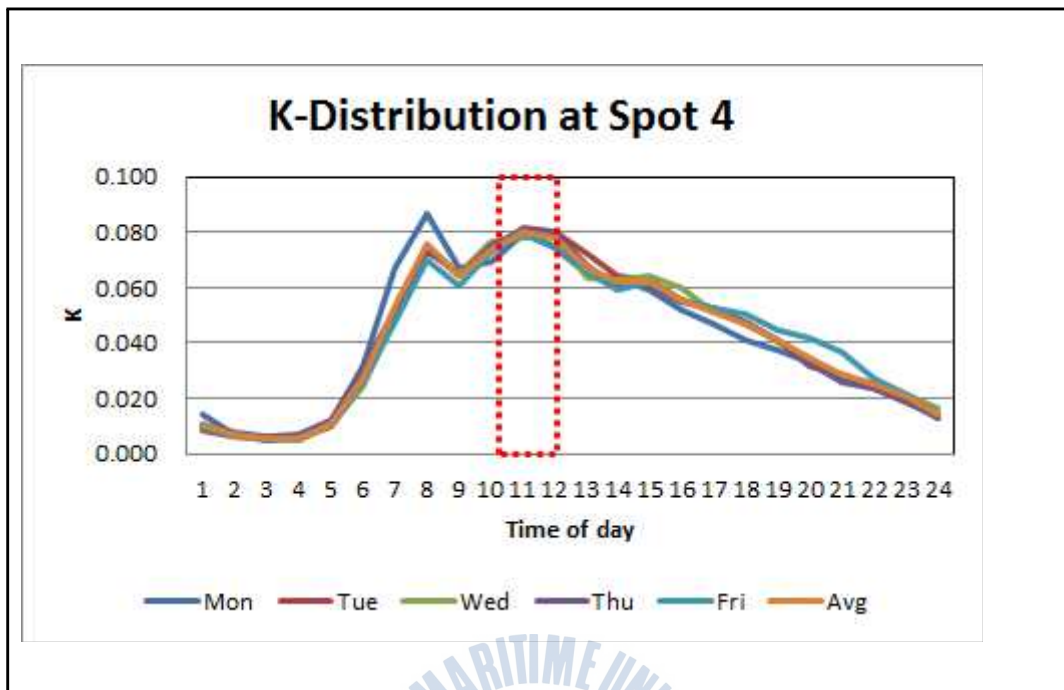


Figure 4.12 Peak-K in Ex-1(NB) for weekday

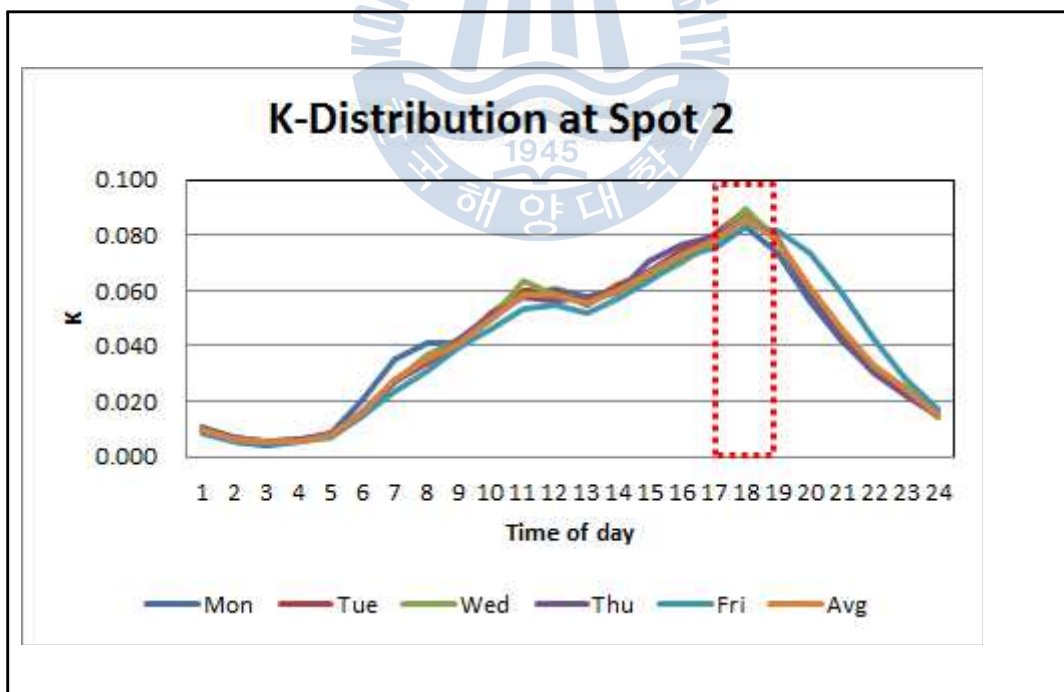


Figure 4.13 Peak-K in Ex-1(SB) for weekday

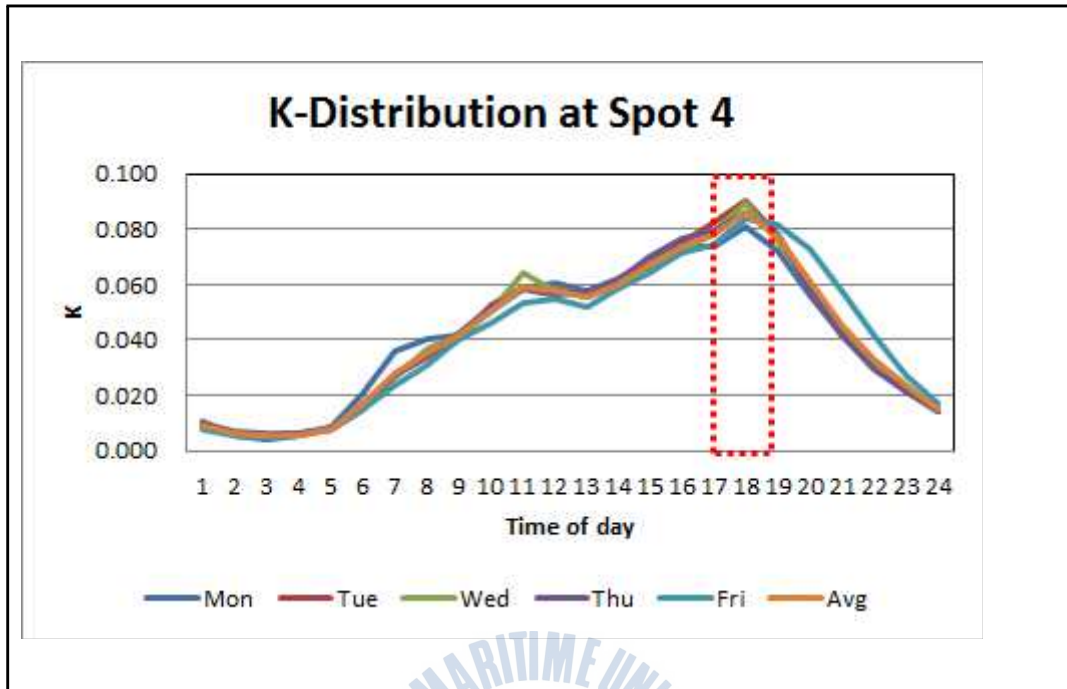


Figure 4.14 Peak-K in Ex-1(SB) for weekday

4.2 주말 설계시간계수 추정치의 분석

주말에 고속도로 Ex-1과 Ex-10의 설계시간계수 추정치를 분석해보면, 아래의 Figures 4.15~4.18에서 보는 바와 같이 방향별로 특정시간대에 통행량이 집중하는 첨두 특성을 보이는 것으로 나타났다. 고속도로 Ex-10(EB)에서는 오전시간대보다 오후시간대(16시~18시)에 설계시간계수 추정치가 첨두 상태(0.083)에 도달하는 것으로 나타났고, 고속도로 Ex-10(WB)에서는 오전시간대(9시~11시)에 설계시간계수 추정치가 첨두 상태(0.076)에 도달한 후 오후시간대에 점점 감소하는 것으로 나타났다. 반면, 고속도로 Ex-1(NB)에서는 오전시간대(10시~12시)에 설계시간계수 추정치가 첨두 상태(0.083)에 도달한 후 오후시간대에 점점 감소하는 것으로 나타났고, 고속도로 Ex-1(SB)에서는 오전시간대보다 오후시간대(16시~18시)에 설계시간계수 추정치가 첨두 상태(0.089)에 도달하는 것으로 나타났다(참조 Table 4.3과 Figures 4.19~4.26).

Table 4.3 K-statistics at Expressways for weekend

Direction	Statistics	K	Shifting(%)
Ex-10(EB)	Max	0.083	+99
	Min	0.005	-88
	Avg	0.042	-
Ex-10(WB)	Max	0.076	+83
	Min	0.006	-87
	Avg	0.042	-
Ex-1(NB)	Max	0.083	+98
	Min	0.005	-88
	Avg	0.042	-
Ex-1(SB)	Max	0.089	+114
	Min	0.005	-88
	Avg	0.042	-

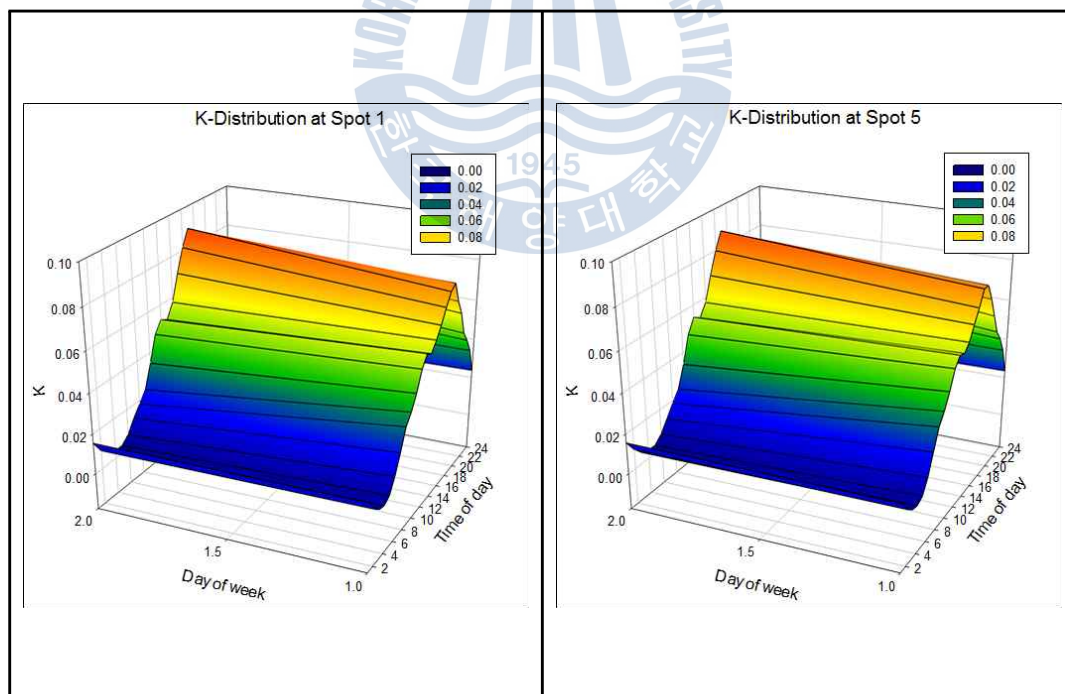


Figure 4.15 3D K-graph in Ex-10(EB) for weekend

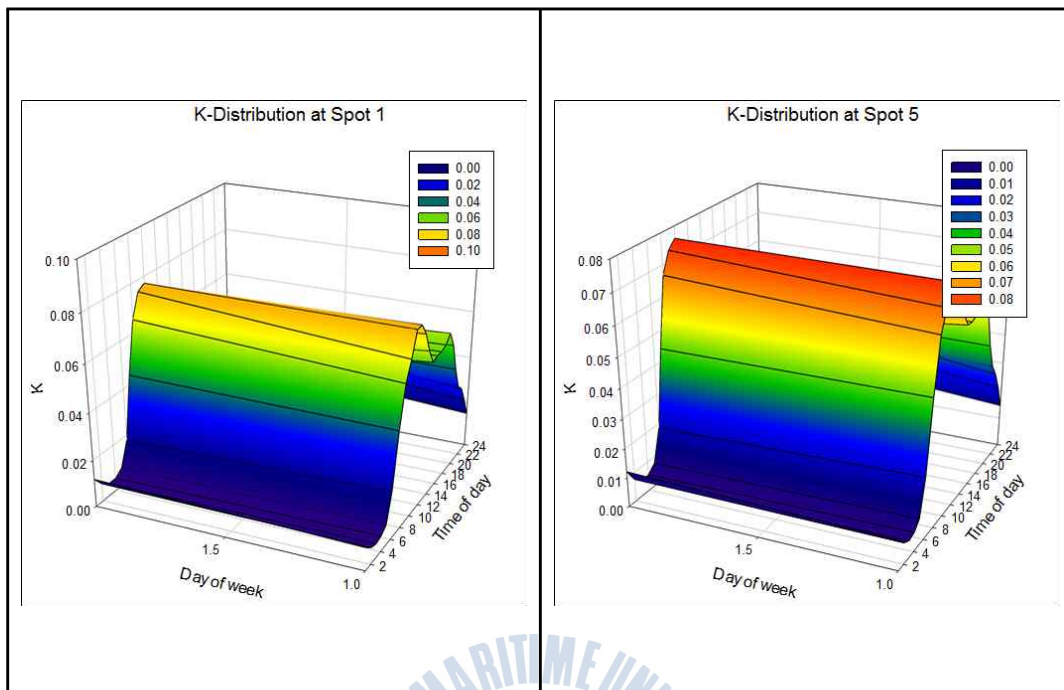


Figure 4.16 3D K-graph in Ex-10(WB) for weekend

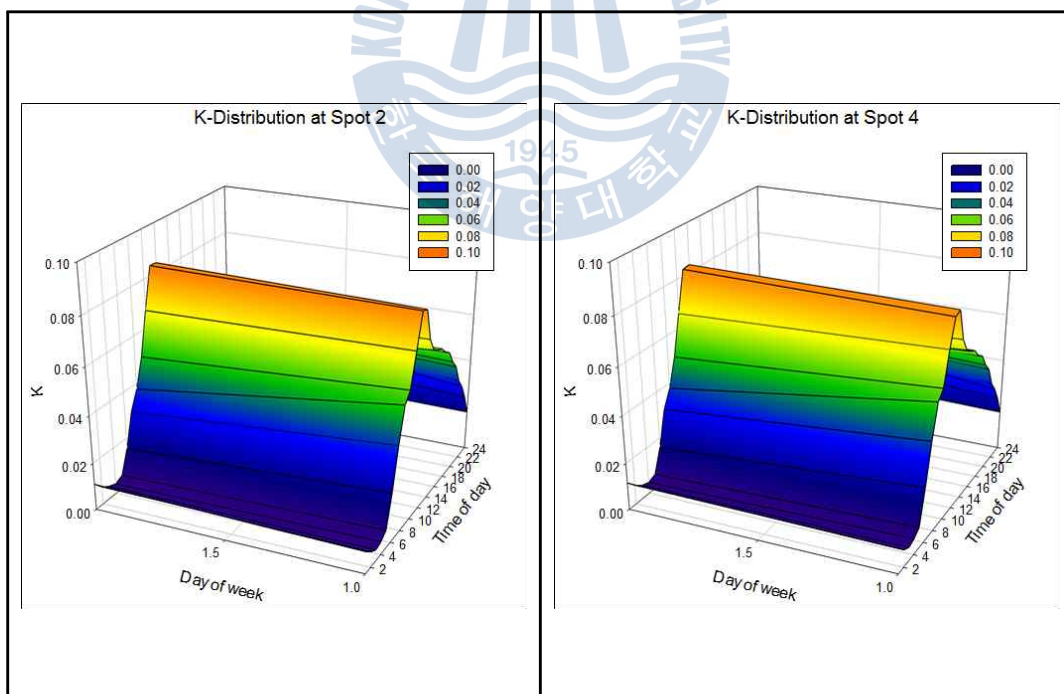


Figure 4.17 3D K-graph in Ex-1(NB) for weekend

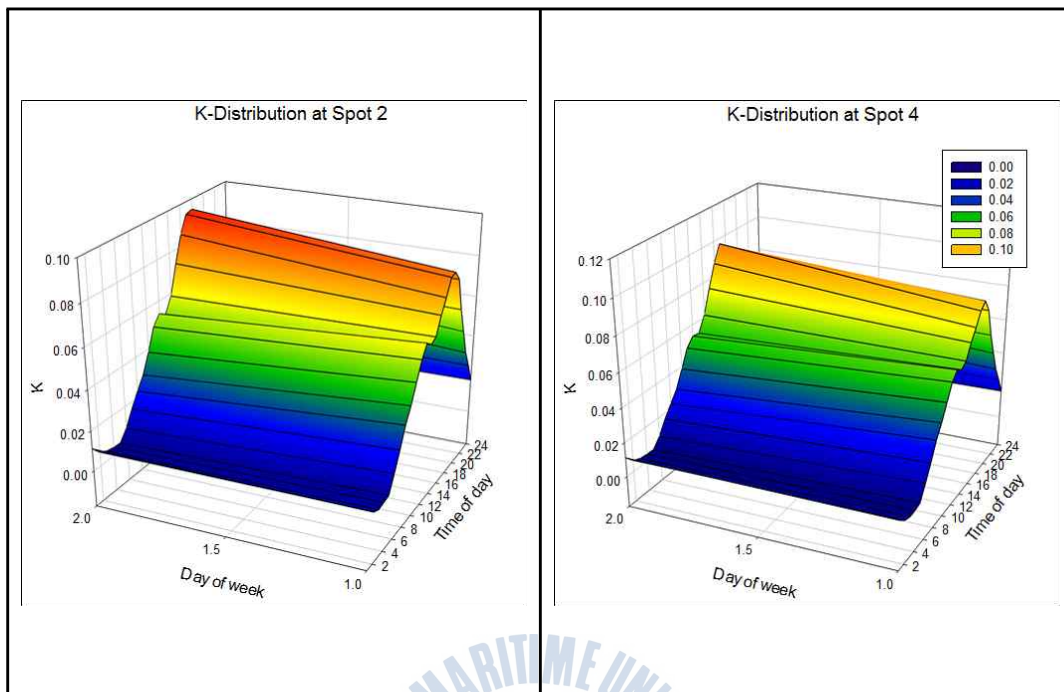


Figure 4.18 3D K-graph in Ex-1(SB)

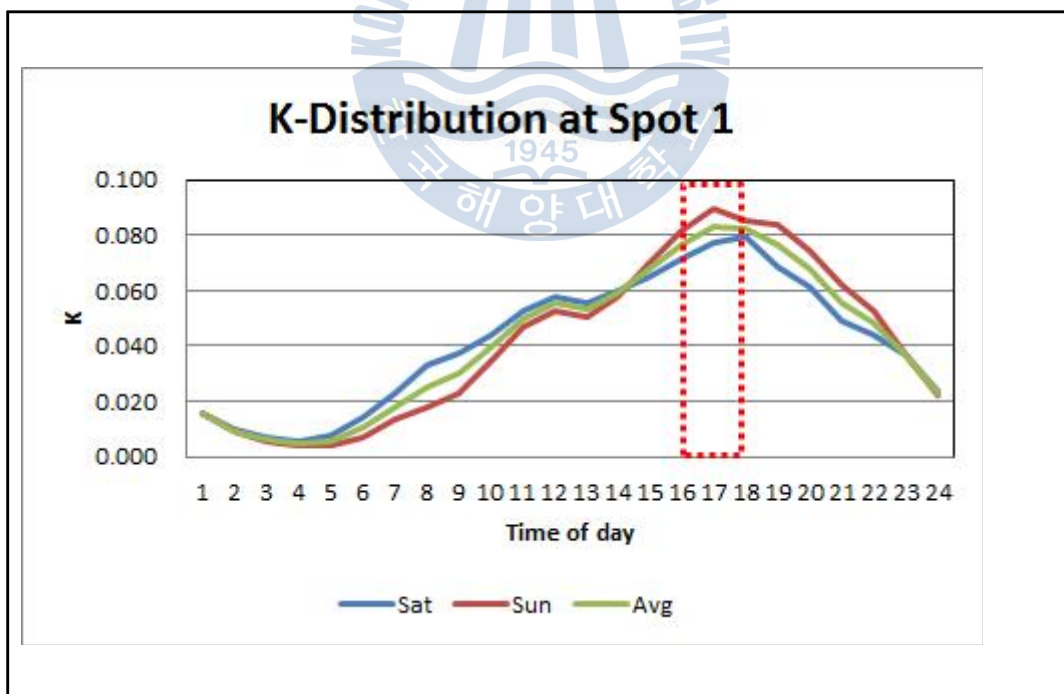


Figure 4.19 Peak-K in Ex-10(EB) for weekend

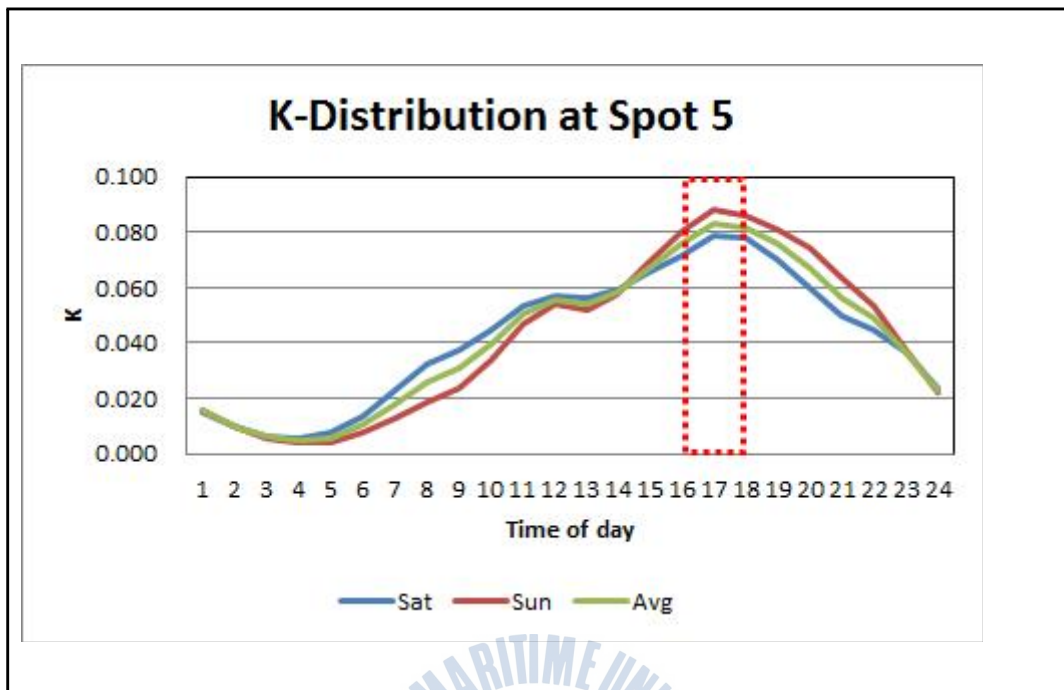


Figure 4.20 Peak-K in Ex-10(EB) for weekend

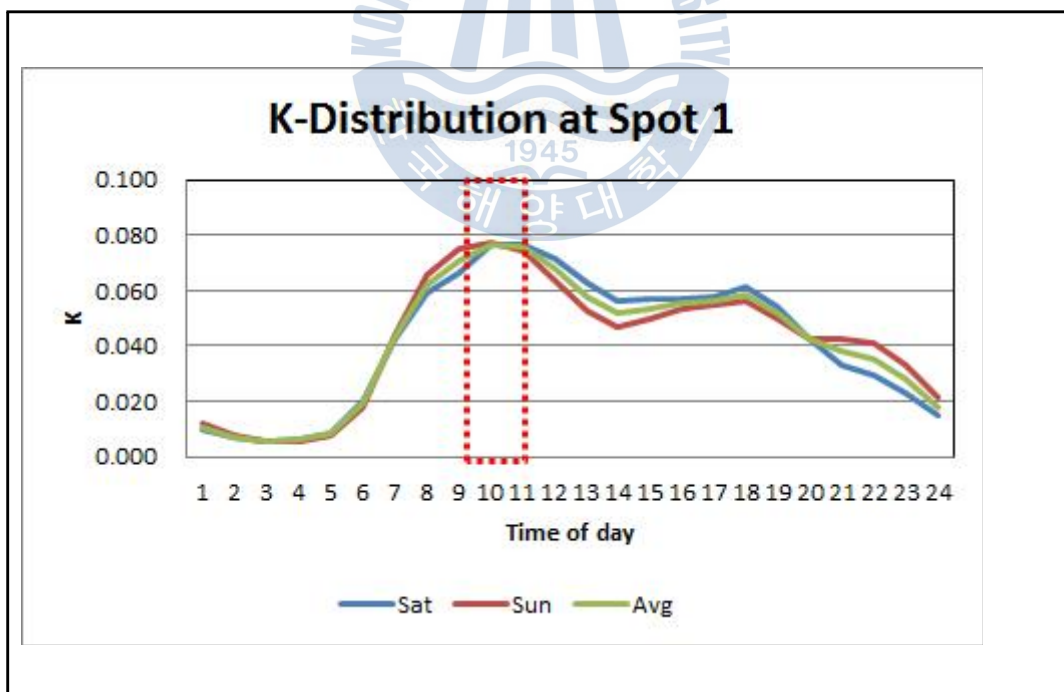


Figure 4.21 Peak-K in Ex-10(WB) for weekend

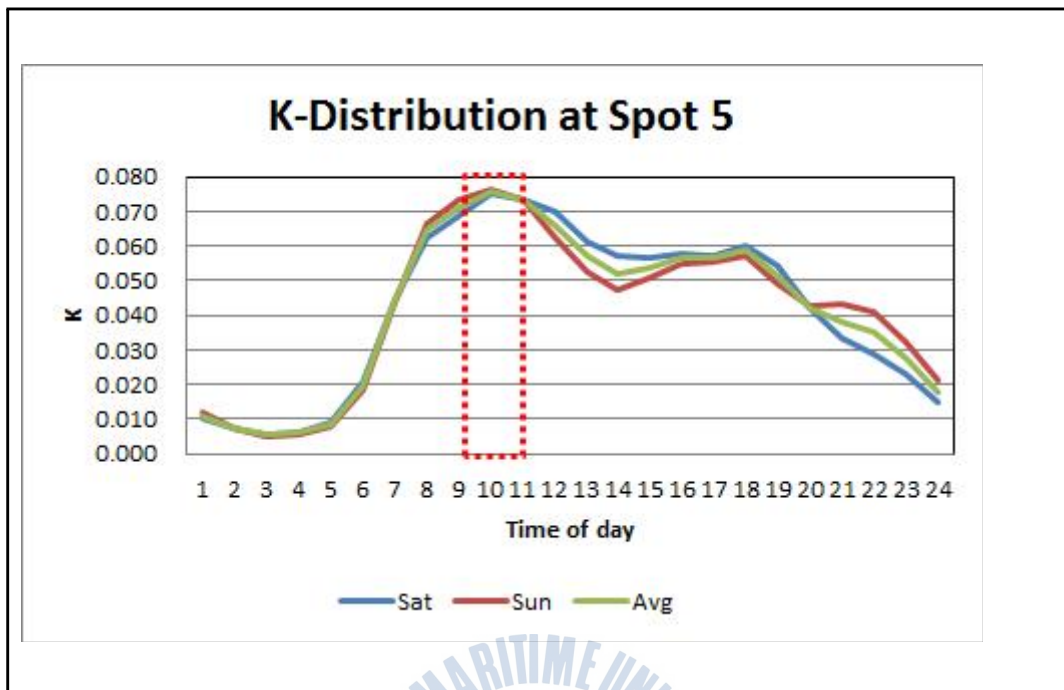


Figure 4.22 Peak-K in Ex-10(WB) for weekend

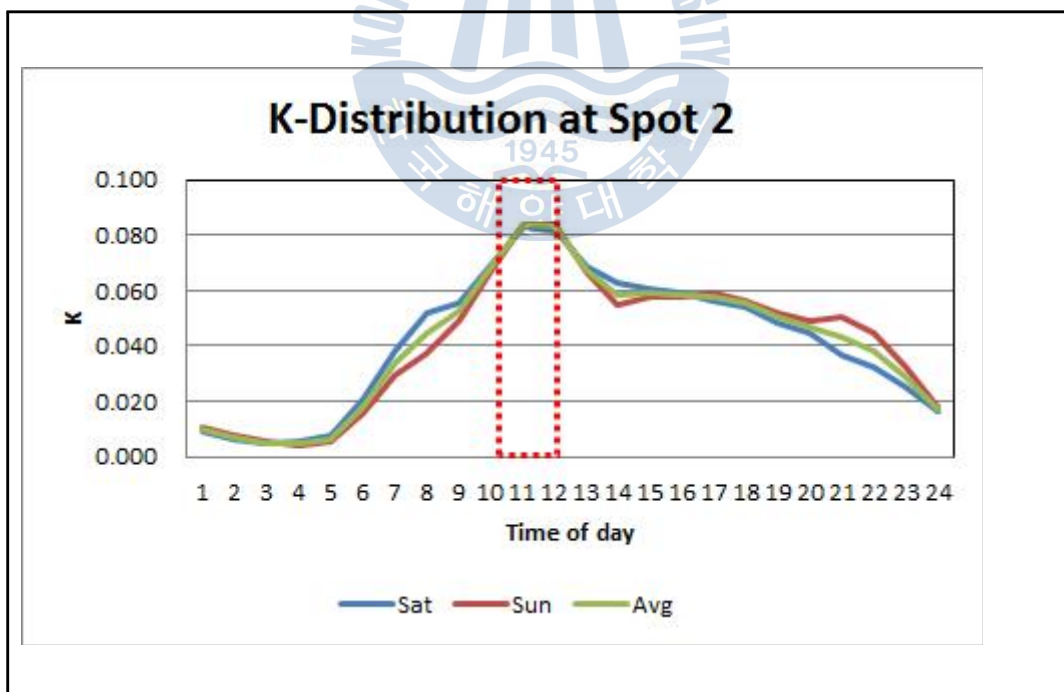


Figure 4.23 Peak-K in Ex-1(NB) for weekend

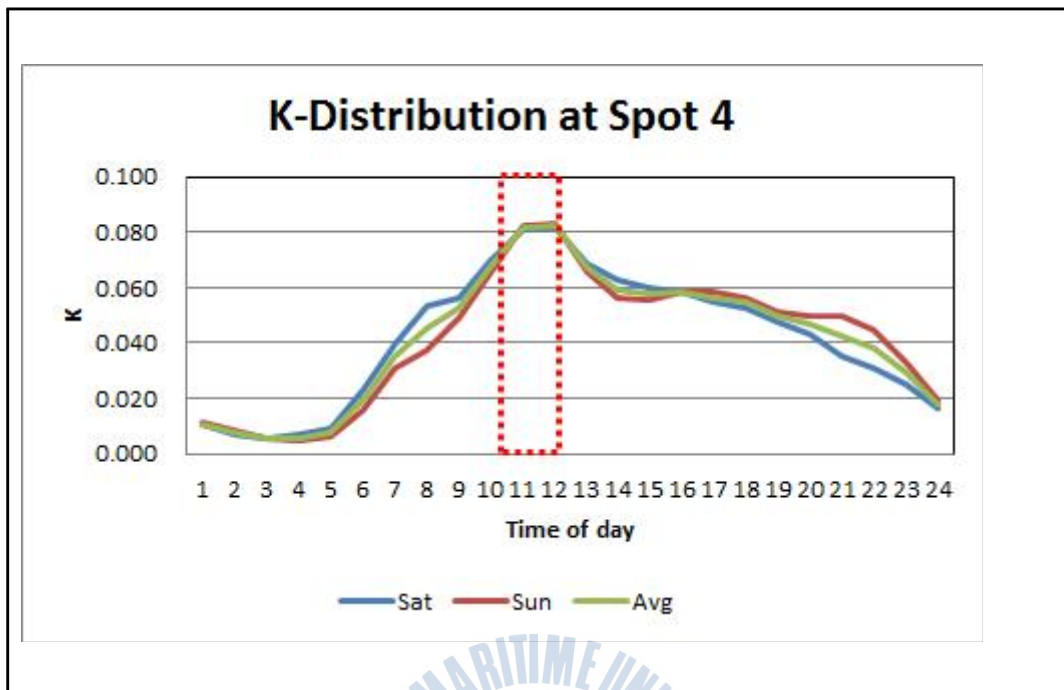


Figure 4.24 Peak-K in Ex-1(NB) for weekend

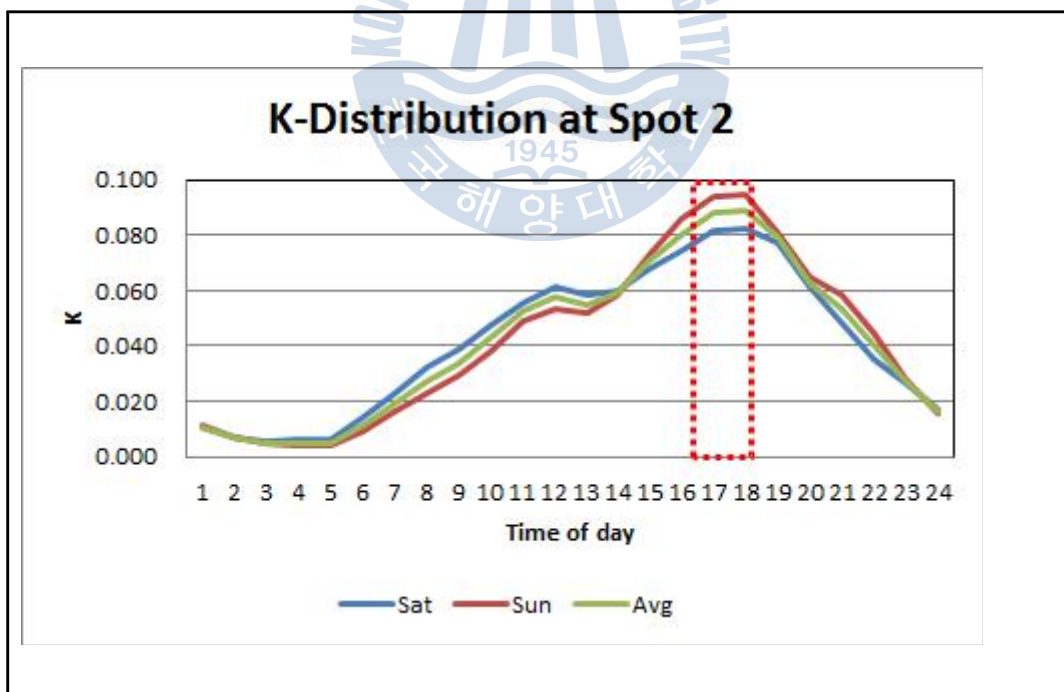


Figure 4.25 Peak-K in Ex-1(SB) for weekend

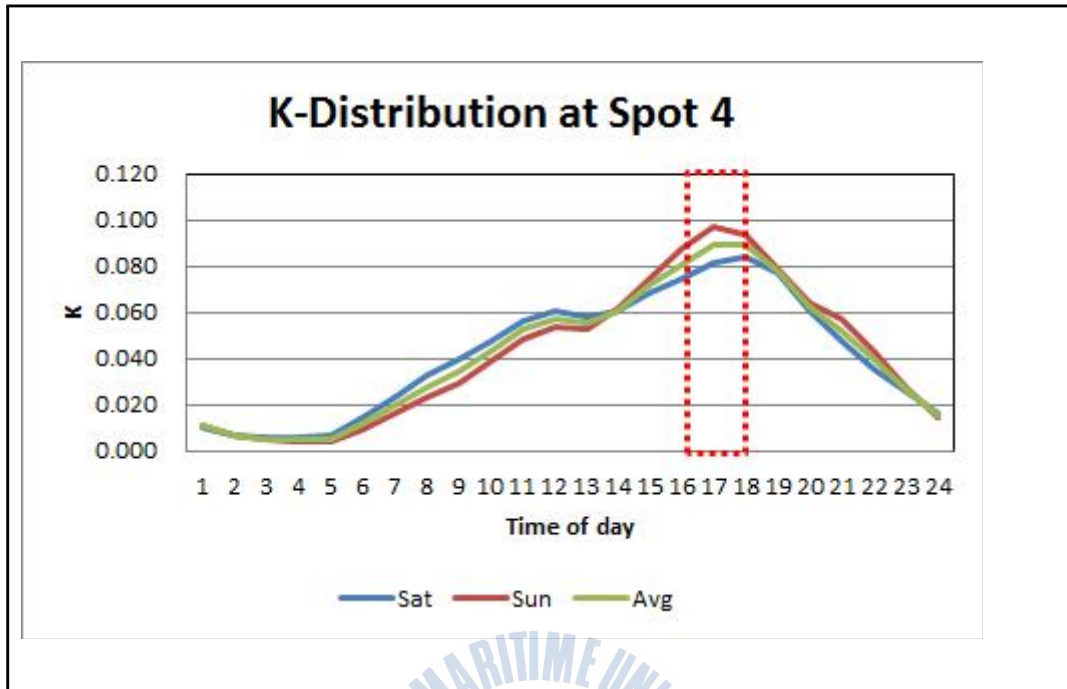


Figure 4.26 Peak-K in Ex-1(SB) for weekend

따라서 고속도로 Ex-1과 Ex-10의 기본구간을 대상으로 주중과 주말의 설계시간계수 추정치를 비교 분석한 결과, 고속도로 Ex-1과 Ex-10은 지방부 고속도로이나 대도시주변의 자료관측구간을 통과하면서 도시부 고속도로의 설계시간계수 특성을 나타냄과 동시에 주중보다는 주말에 통행량이 집중함으로써 첨두시간대 설계시간계수 추정치가 상대적으로 높게 나타났다. 특히, 고속도로의 종점(destination)을 기준으로 주중과 주말에 다소 차이를 보였으나 대체적으로 유입방향에서는 오후 16시~19시 사이에 첨두 특성을 보였고, 유출방향에서는 오전 9시~12시에 첨두 특성을 보임으로써 전형적인 출퇴근시간대(오전 7시~9시와 오후 17시~19시)의 첨두 특성과 다른 첨두 특성을 보이고 있기 때문에 주중과 주말을 구분하여 방향별 첨두 설계시간계수 추정치를 토대로 실시간의 이용자 정보제공 및 관리시스템(ATIS/ATMS)을 가변정보표지판(VMS)에 제공하는 고속도로교통관리체계(FTMS)를 구축하는 것이 첨두시간대 피크

확산(peak spreading)에 효과적일 것으로 생각하였다.



5. 모형 구축 및 검증

설계시간계수 추정치분포의 모형구축 및 검증을 위해서 고속도로 Ex-1과 Ex-10의 각 방향별 5개 지점으로부터 관측된 1시간단위의 통행량자료를 토대로 설계시간계수 추정치(K)를 산정하였고, 점유율과 설계시간계수 추정치를 이용하여 중 회귀분석(multiple regression analysis)의 설계시간계수 추정치분포 회귀모형을 구축하였으며, 설계시간계수 추정치분포의 회귀모형에 대한 유효성과 타당성을 비교 평가하기 위해 상관관계분석(correlation analysis), 대응표본 T분석 및 평균제곱근오차(root mean square error, RMSE)분석 등을 수행하였다.

5.1 모형 결정

설계시간계수 추정치분포의 모형결정에 있어서 점유율은 단위시간 내 차량이 검지기를 점유하고 있는 상대시간으로서 직접 관측되고 설계시간계수 추정치는 1일 24시간 총통행량에 대한 시간별 통행량의 상대비율로서 산정된다. 그런데 특정시간에 점유율이 증가하면 설계시간계수 추정치도 증가하게 되므로 점유율과 설계시간계수 추정치사이에 양(+)의 상관성이 존재한다는 전제하에 고속도로 Ex-1과 Ex-10에 있어서 설계시간계수 추정치는 점유율과 함께 다음과 같은 모형의 형태로 나타낼 수 있다.

$$\{K\} = f\{\text{점유율}\}$$

$$K = f(O) \quad (5.1)$$

여기에서,

K : design hourly factor estimate

O : occupancy(%)

그리고 위에서 제시한 점유율과 설계시간계수 추정치사이에 상관관계를 전제로 고속도로 Ex-1과 Ex-10에 가장 부합되는 모형형태를 결정하기 위하여 관측된 점유율과 산정한 설계시간계수 추정치사이의 적용 가능한 선형 및 곡선형의 회귀모형을 검토하였다. 특히, 점유율과 설계시간계수 추정치사이에 점유율이 증가하면 할수록 설계시간계수 추정치도 증가한다는 의미에서 적용 가능한 11개의 회귀모형 중에서 상관계수(r)값이 양(+)의 상관성과 함께 높은 결정계수(R^2)값을 보이는 회귀모형을 대상으로 모형의 적합성을 평가한 결과, 선형모형(linear model, LIN), 2차 모형(quadratic model, QUA), 3차 모형(cubic model, CUB) 및 파워모형(power model, POW) 등이 적합한 것으로 선정되었고 선정된 선형모형(LIN), 2차 모형(QUA), 3차 모형(CUB) 및 파워모형(POW)에 대해 상관관계분석과 평균제곱근오차분석 등의 모형검증을 통해 최적의 설계시간계수 추정치분포의 회귀모형(regression model for design hourly volume estimate, K-model)을 결정하였다.

5.2 모형 구축

고속도로 Ex-1과 Ex-10을 대상으로 K-model의 독립변수로는 고속도로의 점유율(O)을 사용하였고, 종속변수로는 산정한 설계시간계수 추정치(K)를 사용하였으며, 위의 5.1절에서 결정된 모형들에 이러한 변수들을 적용할 경우 아래와 같이 제시할 수 있었다.

$$\text{LIN: } K = \beta_0 + \beta_1 \times O \quad (5.2)$$

$$\text{QUA: } K = \beta_0 + \beta_1 \times O + \beta_2 \times O^2 \quad (5.3)$$

$$\text{CUB: } K = \beta_0 + \beta_1 \times O + \beta_2 \times O^2 + \beta_3 \times O^3 \quad (5.4)$$

$$\text{POW: } K = \beta_0 \times O^{\beta_1} \quad (5.5)$$

여기에서,

K : design hourly factor estimate

O : occupancy(%)

β_j : regression coefficients($j=0, 1, 2, 3$)

한편, 고속도로 Ex-1과 Ex-10의 K-model구축에는 중 회귀분석이 사용되었고, 중 회귀분석에 의해 발생할 수 있는 다중공선성(multi-collinearity) 문제는 축차변수선택법(stepwise)을 통해 해결되었다. 특히, 주중과 주말을 구분하지 않고 방향별 개별모형을 구축할 경우 K-model의 결정계수(R^2)값은 고속도로 Ex-10(EB)에서 0.962~0.972, 고속도로 Ex-10(WB)에서 0.923~0.948, 고속도로 Ex-1(NB)에서 0.946~0.973, 고속도로 Ex-1(SB)에서 0.935~0.970로 나타난 반면, 주중과 주말을 구분할 경우 K-model의 결정계수(R^2)값이 주중에는 고속도로 Ex-10(EB)에서 0.959~0.968, 고속도로 Ex-10(WB)에서 0.942~0.968, 고속도로 Ex-1(NB)에서 0.962~0.990, 고속도로 Ex-1(SB)에서 0.951~0.983로 높게 나타났고, 주말에는 고속도로 Ex-10(EB)에서 0.973~0.982, 고속도로 Ex-10(WB)에서 0.898~0.951, 고속도로 Ex-1(NB)에서 0.967~0.990, 고속도로 Ex-1(SB)에서 0.967~0.995로 역시 높게 나타났다. 그리고 주중과 주말을 구분하지 않고 방향별 통합모형을 구축할 경우 모형의 결정계수(R^2)값이 고속도로 Ex-10(east and west bounds, EW)에서 0.947~0.957, 고속도로 Ex-1(south and north bounds, NS)에서 0.940~0.971으로 나타난 반면, 주중에는 고속도로 Ex-10(EW)에서 0.955~0.967, 고속도로 Ex-1(NS)에서 0.958~0.986으로 높게 나타났고 주말에는 고속도로 Ex-10(EW)에서 0.940~0.958, 고속도로 Ex-1(NS)에서 0.967~0.992로 다소 높게 나타났다.

또한, K-model의 설계시간계수 추정치예측에 대한 유의확률을 나타내는 F-통계량도 0.000으로 유의한 것으로 분석되었으며, 개별독립변수의 유의성을 나

타내는 값들 역시 유의확률이 모두 0.000으로 유의한 것으로 나타났다. 그리고 고속도로의 K-model에서는 점유율(O)이 증가함에 따라 설계시간계수 추정치가 증가하는 ‘+’부호를 나타냄으로써 회귀계수의 부호가 실제현상에 부합되며 합리적인 것으로 생각되었다(참조 Tables 5.1~5.3와 Figures 5.1~5.18).



Table 5.1 Directional K-models in Ex-10 and Ex-1 for a week

Direction		K-model	R^2	F-sig.
Ex-10(EB)	LIN	$K = -0.005 + 0.011 \times O$	0.971	0.000
	QUA	$K = -0.004 + 0.01 \times O + 0.00007964 \times O^2$	0.971	0.000
	CUB	$K = -0.001 + 0.007 \times O + 0.001 \times O^2 - 0.00006247 \times O^3$	0.972	0.000
	POW	$K = 0.007 \times O^{1.22}$	0.962	0.000
Ex-10(WB)	LIN	$K = -0.002 + 0.01 \times O$	0.923	0.000
	QUA	$K = -0.01 + 0.015 \times O - 0.001 \times O^2$	0.940	0.000
	CUB	$K = -0.001 + 0.005 \times O + 0.002 \times O^2 - 0.0001695 \times O^3$	0.948	0.000
	POW	$K = 0.007 \times O^{1.194}$	0.948	0.000
Ex-1(NB)	LIN	$K = -0.003 + 0.026 \times O$	0.946	0.000
	QUA	$K = -0.016 + 0.044 \times O - 0.005 \times O^2$	0.973	0.000
	CUB	$K = -0.015 + 0.042 \times O - 0.004 \times O^2 - 0.00015 \times O^3$	0.973	0.000
	POW	$K = 0.019 \times O^{1.389}$	0.953	0.000
Ex-1(SB)	LIN	$K = -0.002 + 0.026 \times O$	0.935	0.000
	QUA	$K = -0.016 + 0.045 \times O - 0.005 \times O^2$	0.970	0.000
	CUB	$K = -0.019 + 0.053 \times O - 0.009 \times O^2 - 0.001 \times O^3$	0.970	0.000
	POW	$K = 0.019 \times O^{1.368}$	0.946	0.000
Ex-10(EW)	LIN	$K = -0.004 + 0.01 \times O$	0.947	0.000
	QUA	$K = -0.008 + 0.013 \times O - 0.0003155 \times O^2$	0.951	0.000
	CUB	$K = 0.001 + 0.004 \times O + 0.002 \times O^2 - 0.0001609 \times O^3$	0.957	0.000
	POW	$K = 0.007 \times O^{1.207}$	0.955	0.000
Ex-1(NS)	LIN	$K = -0.003 + 0.026 \times O$	0.940	0.000
	QUA	$K = -0.016 + 0.045 \times O - 0.005 \times O^2$	0.971	0.000
	CUB	$K = -0.017 + 0.048 \times O - 0.007 \times O^2 + 0.0003182 \times O^3$	0.971	0.000
	POW	$K = 0.019 \times O^{1.377}$	0.949	0.000

Table 5.2 Directional K-models in Ex-10 and Ex-1 for weekday

Direction		K-model	R^2	F-sig.
Ex-10(EB)	LIN	$K = -0.005 + 0.011 \times O$	0.967	0.000
	QUA	$K = -0.004 + 0.01 \times O + 0.00008993 \times O^2$	0.967	0.000
	CUB	$K = -0.001 + 0.006 \times O + 0.001 \times O^2 - 0.0000819 \times O^3$	0.968	0.000
	POW	$K = 0.006 \times O^{1.239}$	0.959	0.000
Ex-10(WB)	LIN	$K = -0.005 + 0.01 \times O$	0.942	0.000
	QUA	$K = -0.012 + 0.015 \times O - 0.0004943 \times O^2$	0.954	0.000
	CUB	$K = 0.002 + 0.001 \times O + 0.003 \times O^2 - 0.0002093 \times O^3$	0.968	0.000
	POW	$K = 0.006 \times O^{1.267}$	0.965	0.000
Ex-1(NB)	LIN	$K = -0.005 + 0.028 \times O$	0.970	0.000
	QUA	$K = -0.017 + 0.046 \times O - 0.005 \times O^2$	0.990	0.000
	CUB	$K = -0.016 + 0.043 \times O - 0.003 \times O^2 - 0.0002884 \times O^3$	0.990	0.000
	POW	$K = 0.02 \times O^{1.415}$	0.962	0.000
Ex-1(SB)	LIN	$K = -0.004 + 0.028 \times O$	0.951	0.000
	QUA	$K = -0.018 + 0.049 \times O - 0.006 \times O^2$	0.982	0.000
	CUB	$K = -0.016 + 0.046 \times O - 0.004 \times O^2 - 0.0003349 \times O^3$	0.983	0.000
	POW	$K = 0.02 \times O^{1.409}$	0.954	0.000
Ex-10(EW)	LIN	$K = -0.005 + 0.011 \times O$	0.955	0.000
	QUA	$K = -0.009 + 0.013 \times O - 0.000267 \times O^2$	0.957	0.000
	CUB	$K = 0.003 + 0.001 \times O + 0.003 \times O^2 - 0.0001953 \times O^3$	0.967	0.000
	POW	$K = 0.006 \times O^{1.252}$	0.962	0.000
Ex-1(NS)	LIN	$K = -0.004 + 0.028 \times O$	0.960	0.000
	QUA	$K = -0.017 + 0.048 \times O - 0.005 \times O^2$	0.986	0.000
	CUB	$K = -0.016 + 0.045 \times O - 0.004 \times O^2 - 0.0002913 \times O^3$	0.986	0.000
	POW	$K = 0.02 \times O^{1.411}$	0.958	0.000

Table 5.3 Directional K-models in Ex-10 and Ex-1 for weekend

Direction		K-model	R^2	F-sig.
Ex-10(EB)	LIN	$K = -0.004 + 0.011 \times O$	0.982	0.000
	QUA	$K = -0.004 + 0.011 \times O - 0.000000327 \times O^2$	0.982	0.000
	CUB	$K = -0.001 + 0.007 \times O + 0.001 \times O^2 - 0.00007068 \times O^3$	0.982	0.000
	POW	$K = 0.007 \times O^{1.189}$	0.973	0.000
Ex-10(WB)	LIN	$K = -0.003 + 0.01 \times O$	0.898	0.000
	QUA	$K = -0.009 + 0.017 \times O - 0.001 \times O^2$	0.941	0.000
	CUB	$K = -0.005 + 0.013 \times O + 0.0003 \times O^2 - 0.0000848 \times O^3$	0.943	0.000
	POW	$K = 0.009 \times O^{1.097}$	0.951	0.000
Ex-1(NB)	LIN	$K = -0.003 + 0.023 \times O$	0.970	0.000
	QUA	$K = -0.013 + 0.036 \times O - 0.003 \times O^2$	0.990	0.000
	CUB	$K = -0.015 + 0.041 \times O - 0.006 \times O^2 + 0.0003819 \times O^3$	0.990	0.000
	POW	$K = 0.016 \times O^{1.379}$	0.967	0.000
Ex-1(SB)	LIN	$K = -0.003 + 0.024 \times O$	0.985	0.000
	QUA	$K = -0.01 + 0.032 \times O - 0.002 \times O^2$	0.992	0.000
	CUB	$K = -0.007 + 0.048 \times O - 0.01 \times O^2 + 0.001 \times O^3$	0.995	0.000
	POW	$K = 0.017 \times O^{1.328}$	0.967	0.000
Ex-10(EW)	LIN	$K = -0.001 + 0.01 \times O$	0.940	0.000
	QUA	$K = -0.007 + 0.014 \times O - 0.0004719 \times O^2$	0.951	0.000
	CUB	$K = -0.002 + 0.009 \times O + 0.001 \times O^2 - 0.0001001 \times O^3$	0.953	0.000
	POW	$K = 0.008 \times O^{1.141}$	0.958	0.000
Ex-1(NS)	LIN	$K = -0.003 + 0.023 \times O$	0.979	0.000
	QUA	$K = -0.011 + 0.034 \times O - 0.002 \times O^2$	0.990	0.000
	CUB	$K = -0.016 + 0.045 \times O - 0.009 \times O^2 + 0.001 \times O^3$	0.992	0.000
	POW	$K = 0.017 \times O^{1.351}$	0.967	0.000

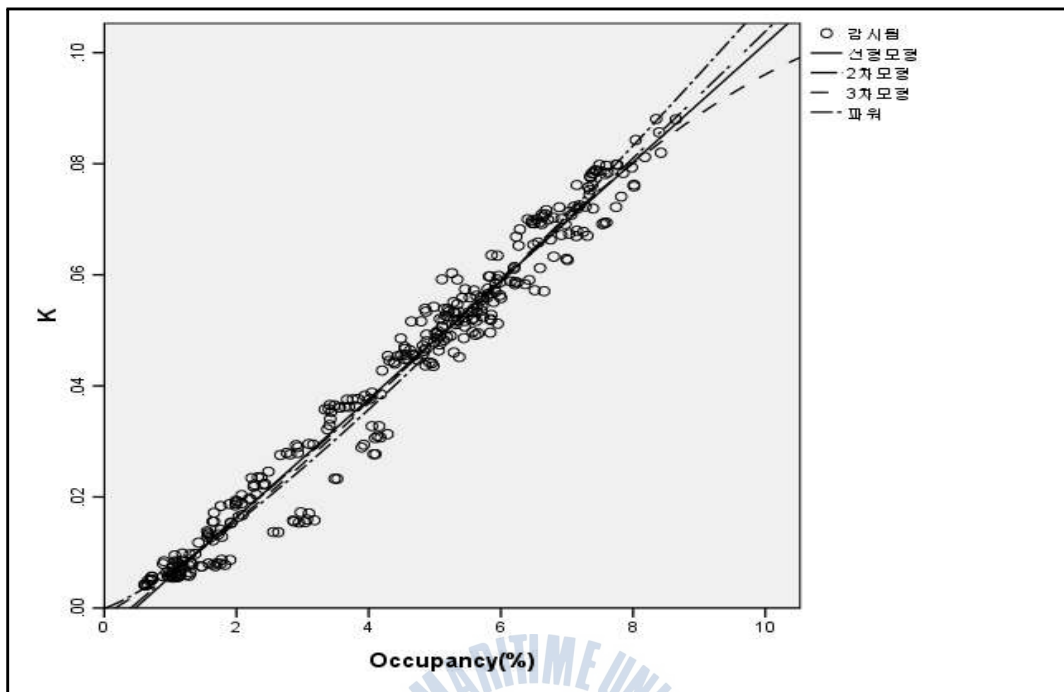


Figure 5.1 K-models in Ex-10(EB) for a week

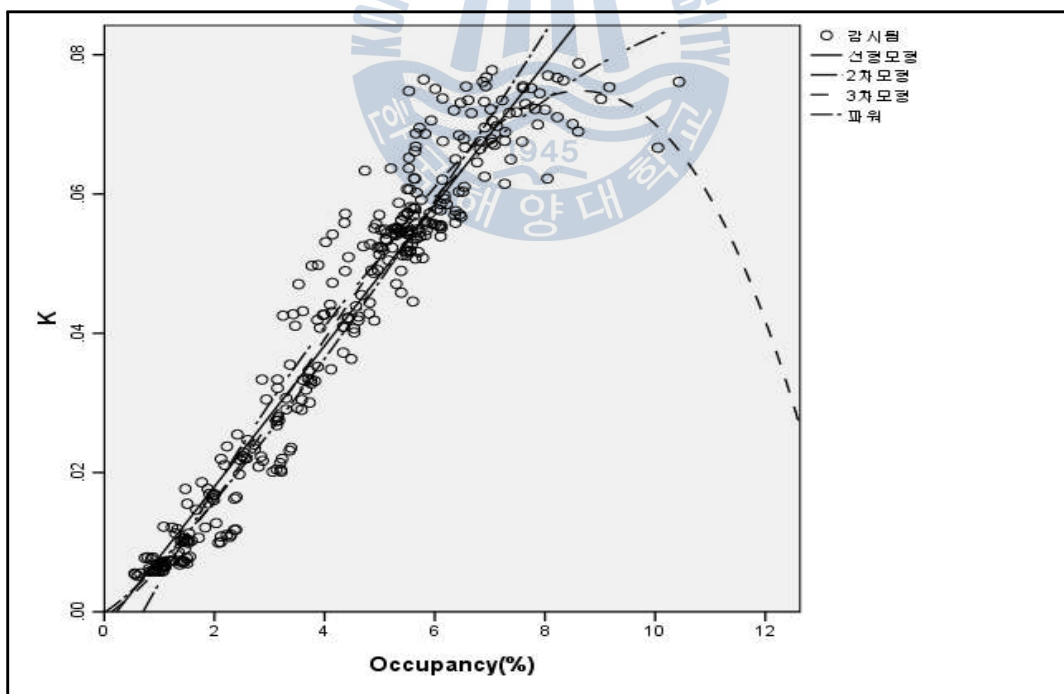


Figure 5.2 K-models in Ex-10(WB) for a week

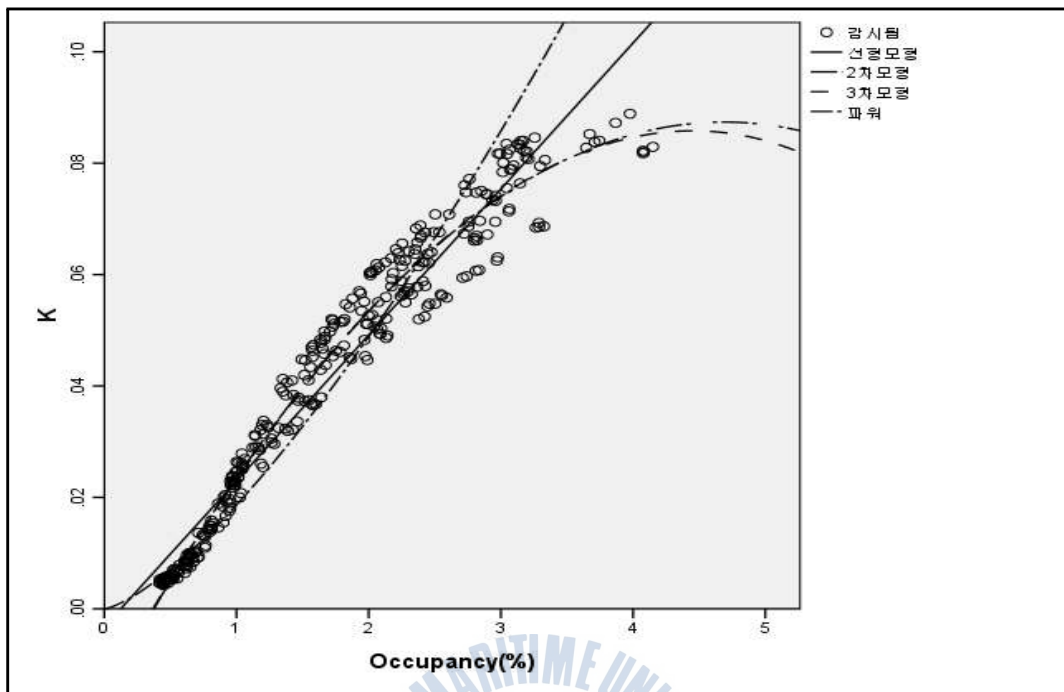


Figure 5.3 K-models in Ex-1(NB) for a week

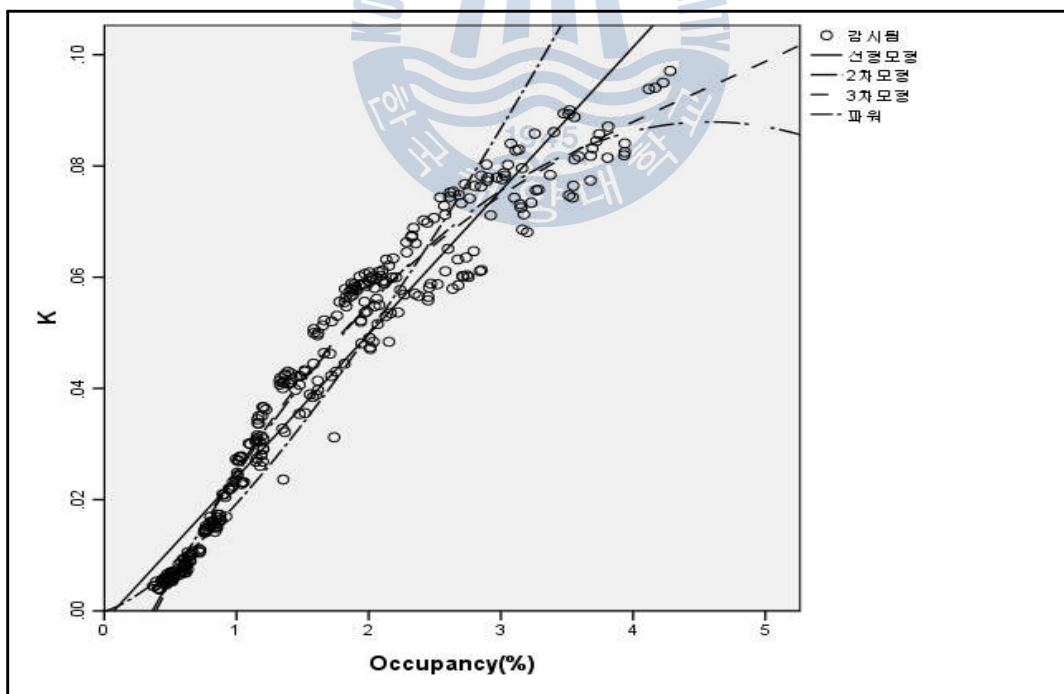


Figure 5.4 K-models in Ex-1(SB) for a week

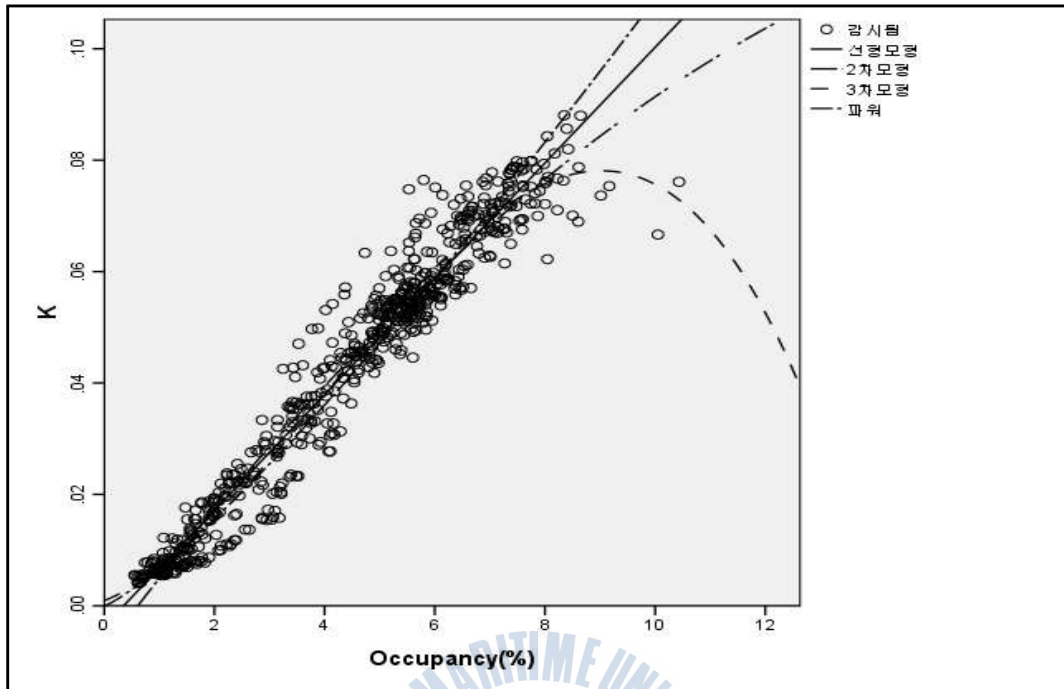


Figure 5.5 K-models in Ex-10(EW) for a week

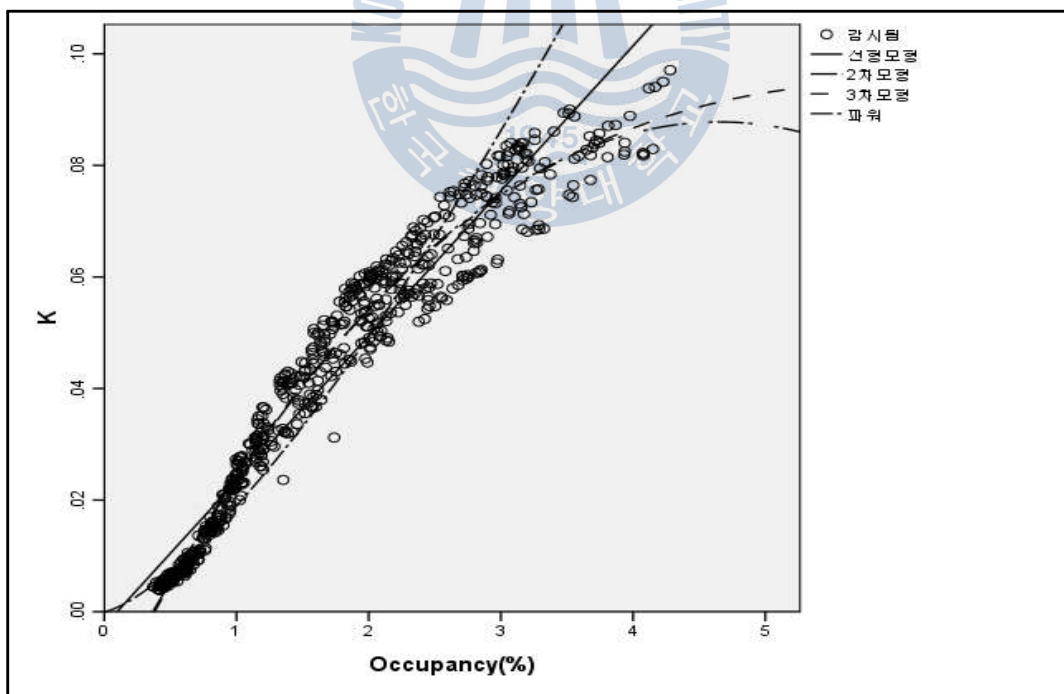


Figure 5.6 K-models in Ex-1(NS) for a week

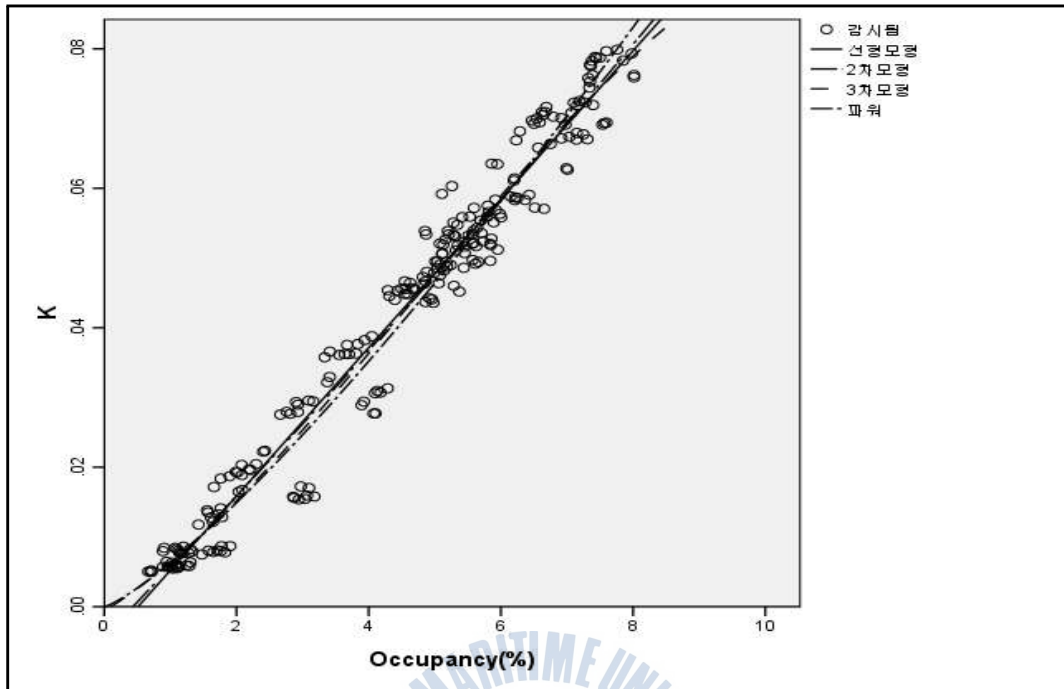


Figure 5.7 K-models in Ex-10(EB) for weekday

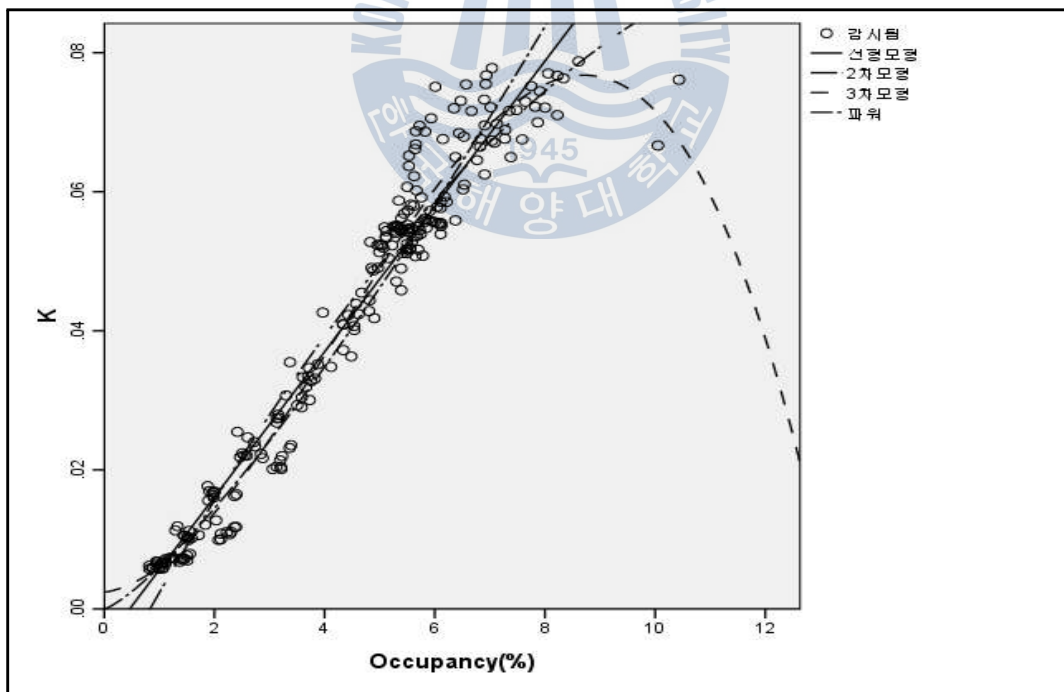


Figure 5.8 K-models in Ex-10(WB) for weekday

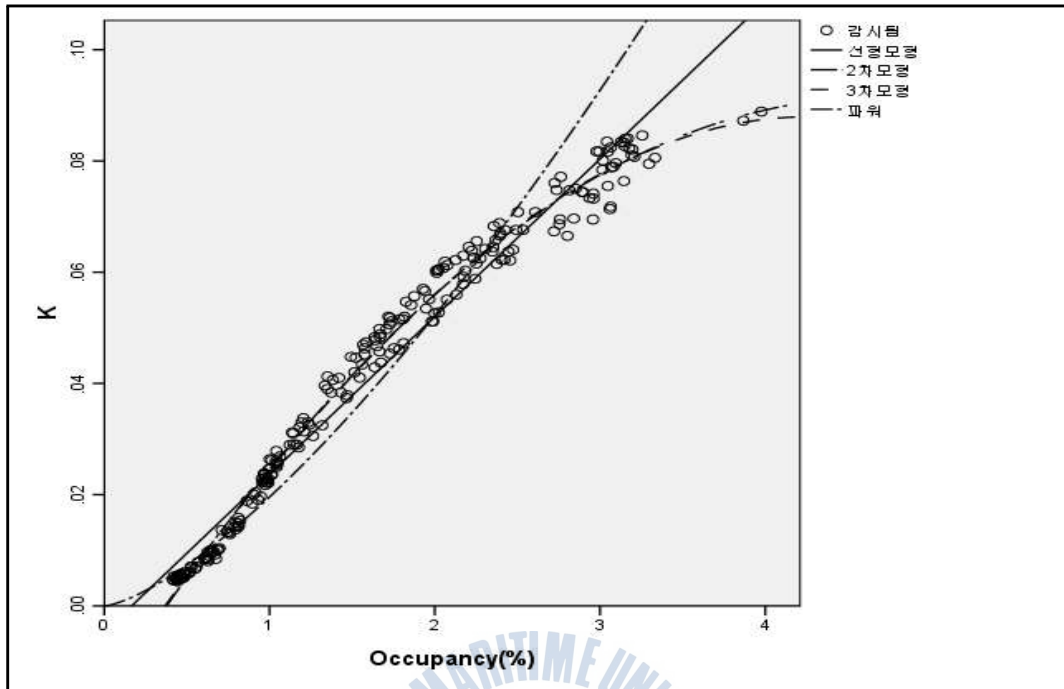


Figure 5.9 K-models in Ex-1(NB) for weekday

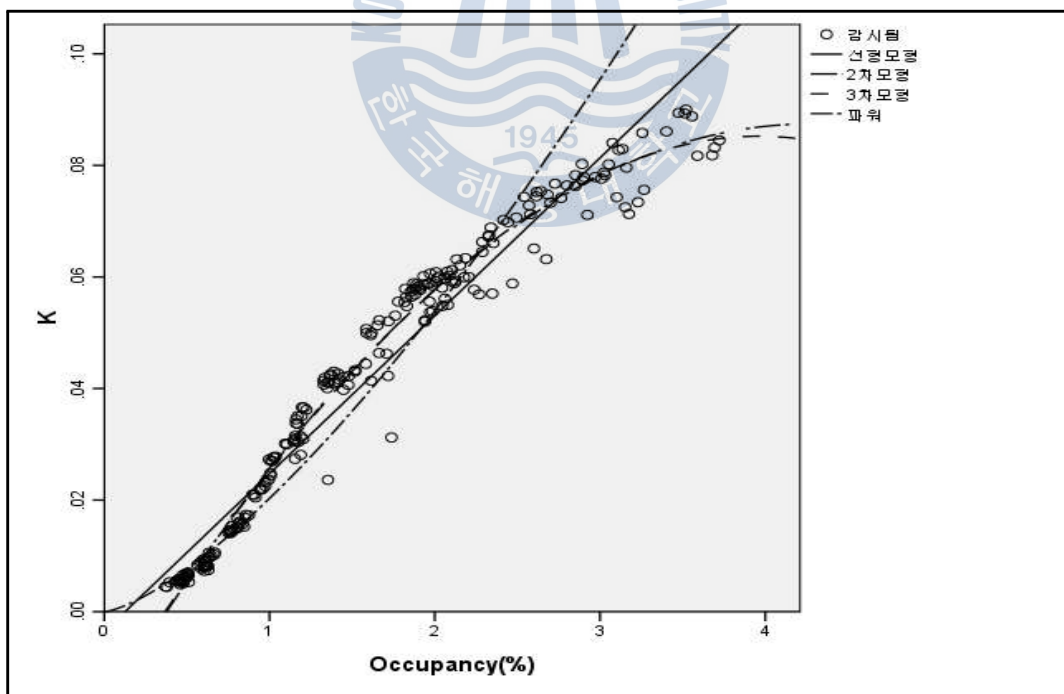


Figure 5.10 K-models in Ex-1(SB) for weekday

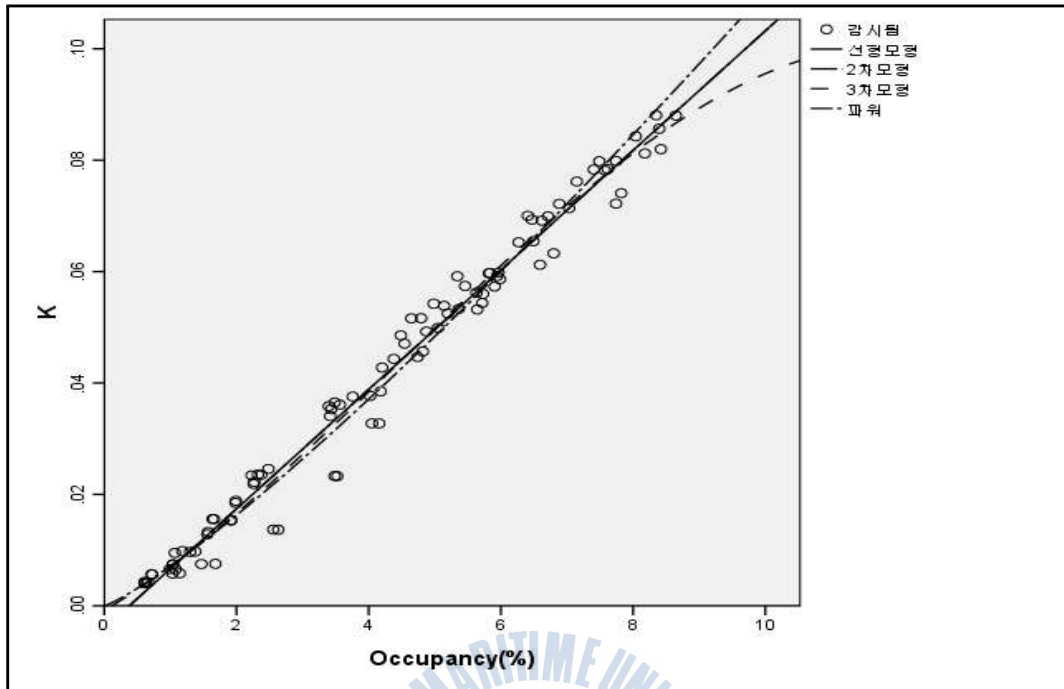


Figure 5.11 K-models in Ex-10(EB) for weekend

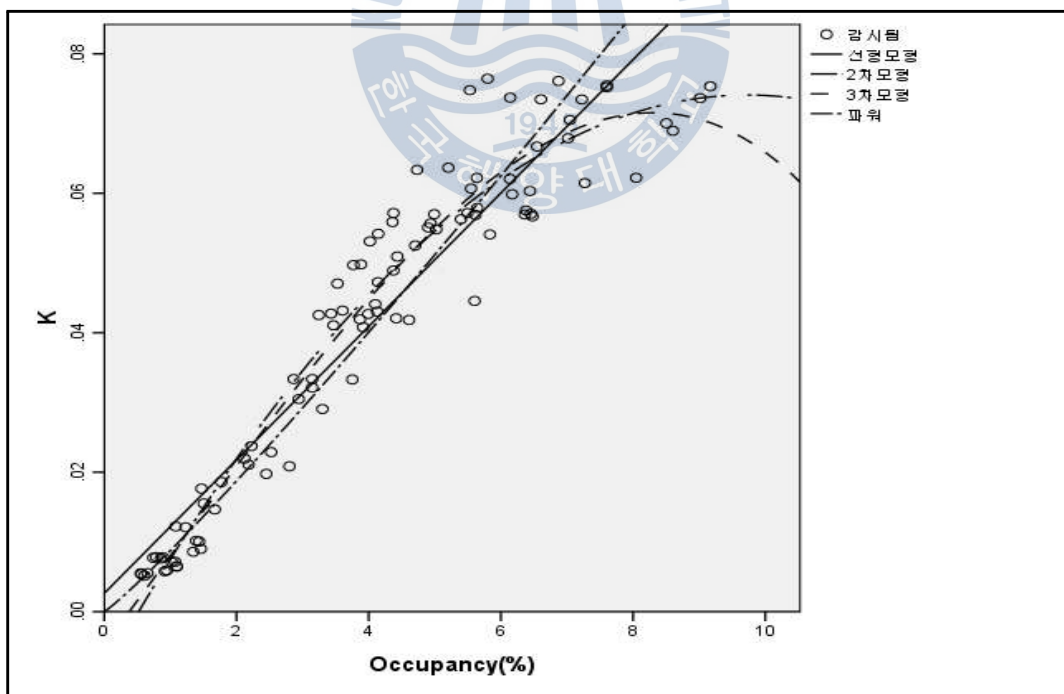


Figure 5.12 K-models in Ex-10(WB) for weekend

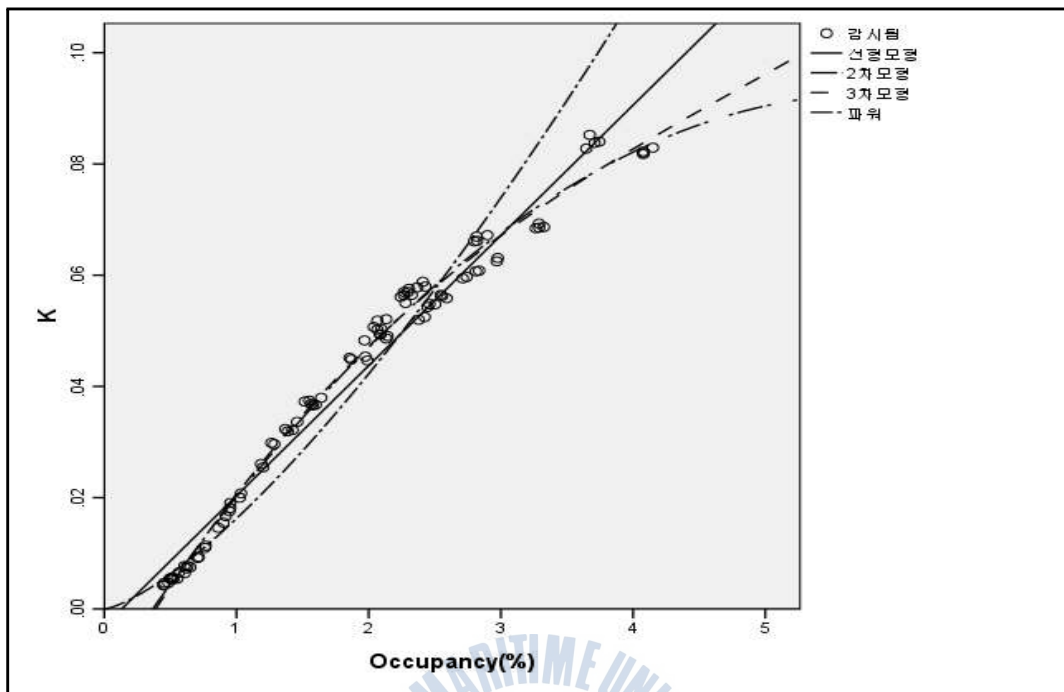


Figure 5.13 K-models in Ex-1(NB) for weekend

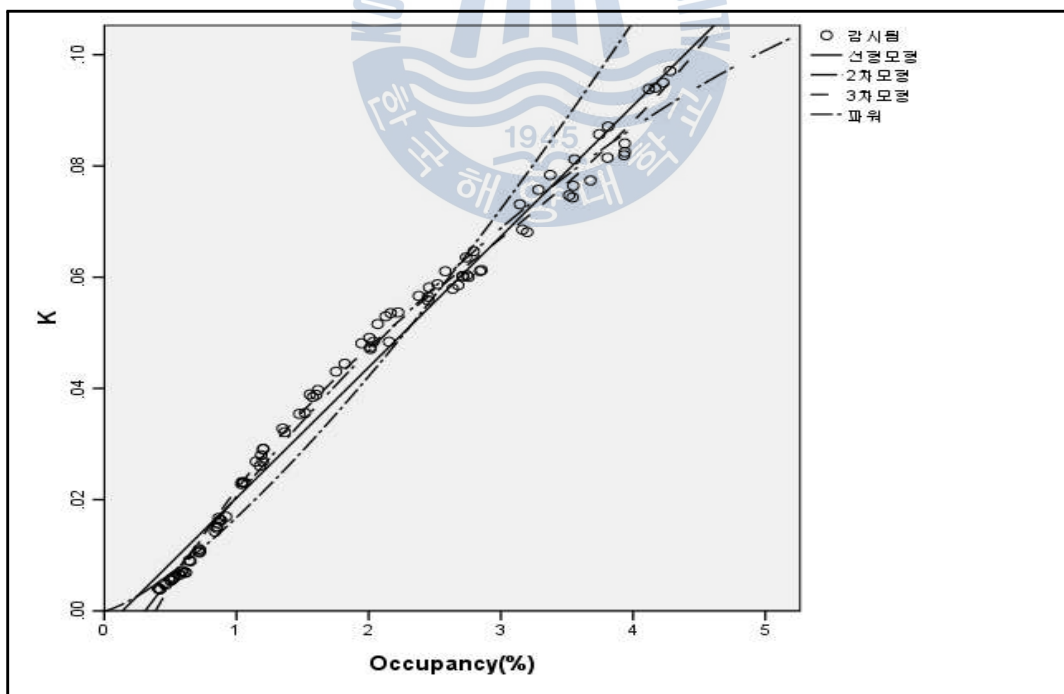


Figure 5.14 K-models in Ex-1(SB) for weekend

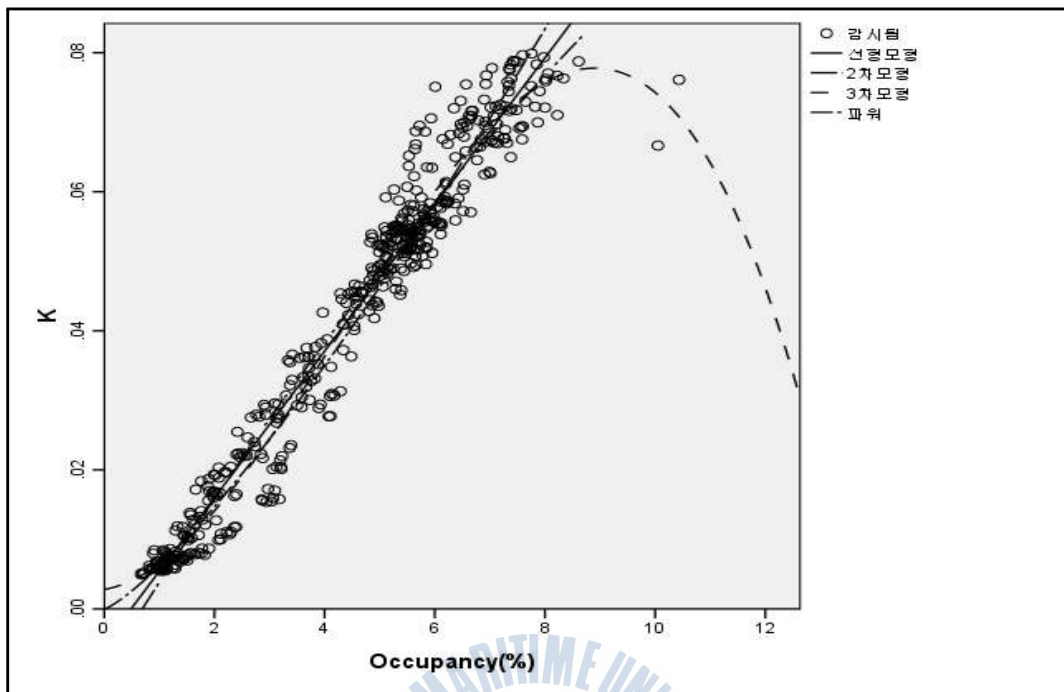


Figure 5.15 K-models in Ex-10(EW) for weekday

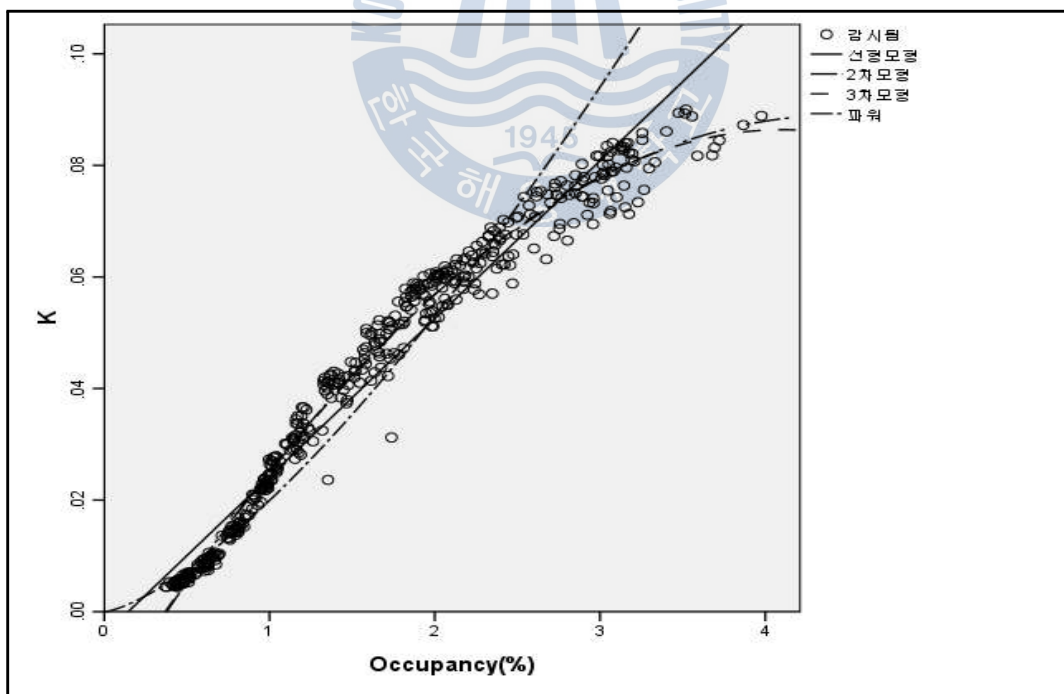


Figure 5.16 K-models in Ex-1(NS) for weekday

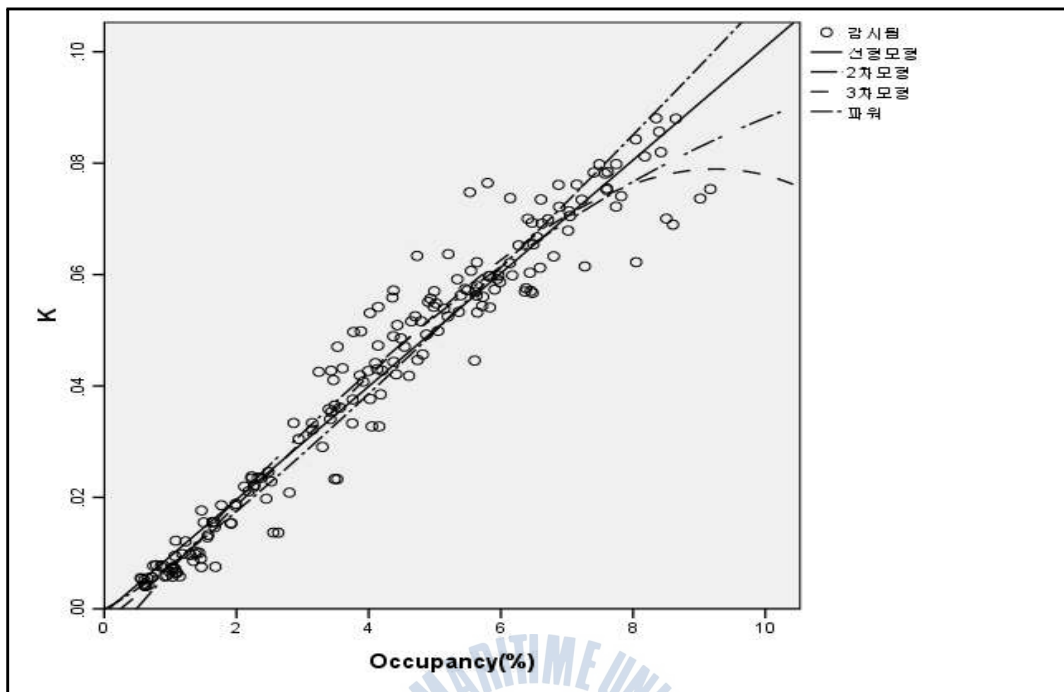


Figure 5.17 K-models in Ex-10(EW) for weekend

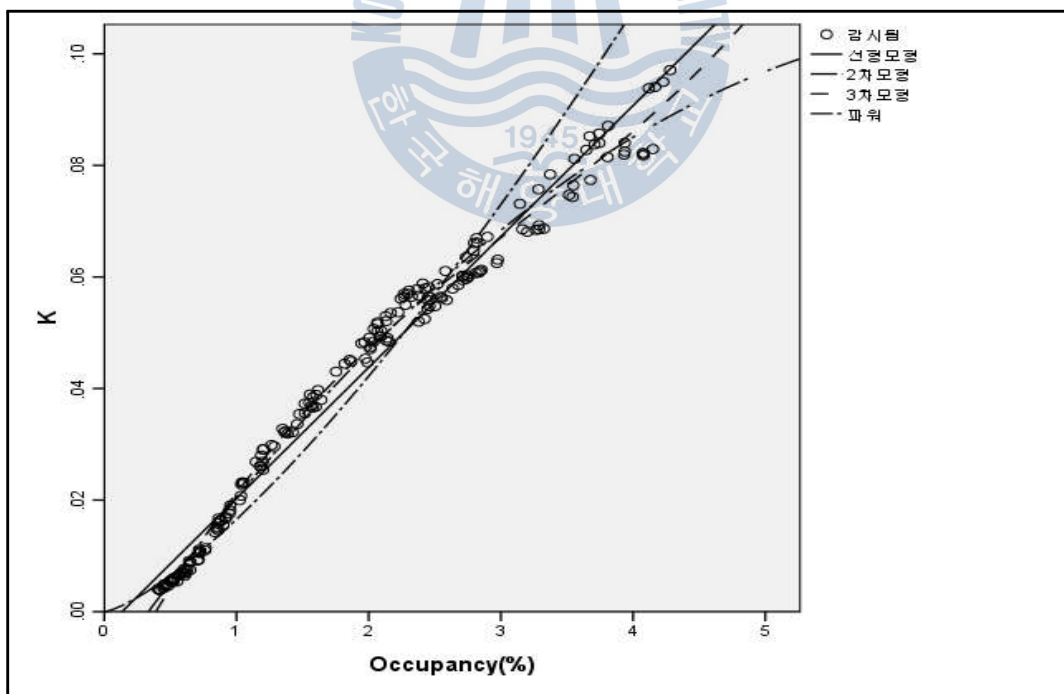


Figure 5.18 K-models in Ex-1(NS) for weekend

5.3 모형 검증

고속도로 Ex-1과 Ex-10의 기본구간으로부터 관측된 교통특성자료 중에서 K-model구축에 사용되지 않은 나머지 교통특성자료를 중심으로 모형검증을 실시하였으며, 모형검증을 위해 K-model으로부터 예측된 설계시간계수 추정치(K_{exp})자료와 산정된 설계시간계수 추정치(K_{cal})자료사이에 다음과 같이 상관관계분석 및 대응표본 t-Test를 수행하였다.

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n [(K_{cal})_i \times (K_{exp})_i] - [\sum_{i=1}^n (K_{cal})_i] \times [\sum_{i=1}^n (K_{exp})_i]}{\sqrt{n \sum_{i=1}^n [(K_{cal})_i]^2 - [\sum_{i=1}^n (K_{cal})_i]^2} \times \sqrt{n \sum_{i=1}^n [(K_{exp})_i]^2 - [\sum_{i=1}^n (K_{exp})_i]^2}} \quad (5.6)$$

여기에서,

r : Correlation coefficients

$(K_{cal})_i$: i -th K calculated

$(K_{exp})_i$: i -th K expected

n : Number of paired samples

$$\text{또한, } t = \frac{\bar{D}}{\frac{s_D}{\sqrt{n}}} \quad (5.7)$$

$$\bar{D} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n D_i \quad (5.8)$$

$$D_i = (K_{cal})_i - (K_{exp})_i \quad (5.9)$$

$$s_D = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (D_i - \bar{D})^2}{n-1}} \quad (5.10)$$

여기에서,

- t : t statistic of matched pairs samples
 s_D : Standard deviation of difference in K_{cal} and K_{exp}
 \overline{D} : Mean of difference in K_{cal} and K_{exp}
 D_i : Difference in K_{cal} and K_{exp}

특히, 고속도로 Ex-1과 Ex-10에 대해 예측된 설계시간계수 추정치와 산정된 설계시간계수 추정치사이에 상관관계분석을 수행한 결과, 주중과 주말을 구분하지 않을 경우와 구분할 경우에서 다소 차이를 보였다. 주중과 주말을 구분하지 않을 경우 고속도로 Ex-1(SB)의 3차 함수모형을 제외하고 모든 분석대상모형에서 상관계수(r)값은 0.9이상으로 나타났으나, 주중과 주말을 구분할 경우 주중에 모든 분석대상모형에서 상관계수(r)값은 모두 0.9이상으로 나타났고 주말에 고속도로 Ex-1(NB, SB 및 NS)의 3차 함수모형을 제외하고 상관계수(r)값은 0.9이상으로 나타났다.

또한, 고속도로 Ex-1과 Ex-10에 대해 예측된 설계시간계수 추정치와 산정된 설계시간계수 추정치사이에 대응표본 t-Test를 수행한 결과, 주중과 주말을 구분하지 않을 경우와 구분할 경우에 있어서 95% 신뢰수준의 양측 유의확률(P-Value)값은 검증대상모형별로 다소 차이를 보였다. 주중과 주말을 구분하지 않을 경우 고속도로 Ex-10의 통합모형을 제외하고 나머지 검증대상모형에서 선형모형이 수락영역(Accept region)에 포함되는 것으로 나타났고 일부 곡선형모형(QUA, POW)도 수락영역에 포함되었다. 반면, 주중과 주말을 구분할 경우 주중에는 고속도로 Ex-10의 일부 개별모형과 통합모형을 제외하고 나머지 검증대상모형에서 선형모형(LIN)과 일부 곡선형모형(QUA, CUB, POW)이 수락영역에 포함되는 것으로 나타났고 주말에는 고속도로 Ex-10의 개별모형을 제외하고 나머지 검증대상모형에서 선형모형과 일부 곡선형모형(QUA, CUB, POW)이 수락영역에 포함되는 것으로 나타남으로써 선형모형에

대한 신뢰성을 확인할 수 있었다(참조 Tables 5.4~5.9와 Figures 5.19~5.29).

Table 5.4 Correlation between K_{cal} and K_{exp} in Ex-10 and Ex-1 for a week

Direction		Correlation coefficient(r)	Direction		Correlation coefficient(r)
Ex-10(EB)	LIN	0.987	Ex-10(WB)	LIN	0.980
	QUA	0.986		QUA	0.951
	CUB	0.987		CUB	0.983
	POW	0.986		POW	0.976
Ex-1(NB)	LIN	0.973	Ex-1(SB)	LIN	0.969
	QUA	0.986		QUA	0.985
	CUB	0.986		CUB	0.434
	POW	0.953		POW	0.947
Ex-10(EW)	LIN	0.982	Ex-1(NS)	LIN	0.971
	QUA	0.982		QUA	0.985
	CUB	0.983		CUB	0.941
	POW	0.979		POW	0.950

Table 5.5 Correlation between K_{cal} and K_{exp} in Ex-10 and Ex-1 for weekday

Direction		Correlation coefficient(r)	Direction		Correlation coefficient(r)
Ex-10(EB)	LIN	0.984	Ex-10(WB)	LIN	0.993
	QUA	0.984		QUA	0.994
	CUB	0.984		CUB	0.994
	POW	0.983		POW	0.965
Ex-1(NB)	LIN	0.984	Ex-1(SB)	LIN	0.977
	QUA	0.994		QUA	0.990
	CUB	0.994		CUB	0.991
	POW	0.965		POW	0.956
Ex-10(EW)	LIN	0.987	Ex-1(NS)	LIN	0.981
	QUA	0.985		QUA	0.993
	CUB	0.987		CUB	0.993
	POW	0.986		POW	0.962

Table 5.6 Correlation between K_{cal} and K_{exp} in Ex-10 and Ex-1 for weekend

Direction		Correlation coefficient(r)	Direction		Correlation coefficient(r)
Ex-10(EB)	LIN	0.993	Ex-10(WB)	LIN	0.959
	QUA	0.993		QUA	0.970
	CUB	0.993		CUB	0.974
	POW	0.991		POW	0.954
Ex-1(NB)	LIN	0.987	Ex-1(SB)	LIN	0.947
	QUA	0.996		QUA	0.997
	CUB	0.850		CUB	-0.488
	POW	0.969		POW	0.983
Ex-10(EW)	LIN	0.974	Ex-1(NS)	LIN	0.991
	QUA	0.979		QUA	0.996
	CUB	0.980		CUB	-0.357
	POW	0.970		POW	0.997

Table 5.7 t-Test results between K_{cal} and K_{exp} in Ex-10 and Ex-1 for a week

Direction		t-value	p-value	Result
Ex-10(EB)	LIN	0.621	0.536	Accept
	QUA	12.676	0.000	Reject
	CUB	-3.518	0.001	Reject
	POW	-1.514	0.132	Accept
Ex-10(WB)	LIN	-1.492	0.138	Accept
	QUA	12.918	0.000	Reject
	CUB	-9.987	0.000	Reject
	POW	-2.254	0.025	Accept
Ex-1(NB)	LIN	-0.033	0.974	Accept
	QUA	3.802	0.000	Reject
	CUB	4.050	0.000	Reject
	POW	-2.404	0.017	Reject
Ex-1(SB)	LIN	-0.468	0.640	Accept
	QUA	2.209	0.029	Accept
	CUB	8.453	0.000	Reject
	POW	-0.628	0.531	Accept
Ex-10(EW)	LIN	9.667	0.000	Reject
	QUA	3.518	0.000	Reject
	CUB	-3.532	0.000	Reject
	POW	-2.668	0.008	Reject
Ex-1(NS)	LIN	1.107	0.269	Accept
	QUA	0.665	0.507	Accept
	CUB	11.972	0.000	Reject
	POW	-2.022	0.044	Accept

Table 5.8 t-Test results between K_{cal} and K_{exp} in Ex-10 and Ex-1 for weekday

Direction		t-value	p-value	Result
Ex-10(EB)	LIN	-0.369	0.713	Accept
	QUA	10.259	0.000	Reject
	CUB	11.275	0.000	Reject
	POW	10.165	0.000	Reject
Ex-10(WB)	LIN	6.182	0.000	Reject
	QUA	-4.859	0.000	Reject
	CUB	-13.474	0.000	Reject
	POW	-1.018	0.311	Accept
Ex-1(NB)	LIN	1.393	0.166	Accept
	QUA	2.294	0.024	Reject
	CUB	-0.053	0.958	Accept
	POW	-2.607	0.010	Reject
Ex-1(SB)	LIN	1.649	0.102	Accept
	QUA	3.894	0.000	Reject
	CUB	0.429	0.668	Accept
	POW	-0.640	0.523	Accept
Ex-10(EW)	LIN	-6.025	0.000	Reject
	QUA	0.288	0.773	Accept
	CUB	-17.415	0.000	Reject
	POW	8.320	0.000	Reject
Ex-1(NS)	LIN	0.989	0.324	Accept
	QUA	-8.890	0.000	Reject
	CUB	4.275	0.000	Reject
	POW	-2.072	0.039	Accept

Table 5.9 t-Test results between K_{cal} and K_{exp} in Ex-10 and Ex-1 for weekend

Direction		t-value	p-value	Result
Ex-10(EB)	LIN	-0.001	0.999	Accept
	QUA	0.015	0.988	Accept
	CUB	1.848	0.071	Accept
	POW	4.353	0.000	Reject
Ex-10(WB)	LIN	-3.687	0.001	Reject
	QUA	2.709	0.009	Reject
	CUB	-3.377	0.001	Reject
	POW	-2.381	0.021	Reject
Ex-1(NB)	LIN	0.885	0.380	Accept
	QUA	-0.837	0.407	Accept
	CUB	5.538	0.000	Reject
	POW	-0.561	0.577	Accept
Ex-1(SB)	LIN	-2.382	0.021	Reject
	QUA	2.093	0.042	Accept
	CUB	3.468	0.001	Reject
	POW	-1.476	0.147	Accept
Ex-10(EW)	LIN	1.312	0.193	Accept
	QUA	1.779	0.079	Accept
	CUB	-4.914	0.000	Reject
	POW	-0.075	0.434	Accept
Ex-1(NS)	LIN	1.794	0.076	Accept
	QUA	-7.972	0.000	Reject
	CUB	7.560	0.000	Reject
	POW	-2.740	0.007	Reject

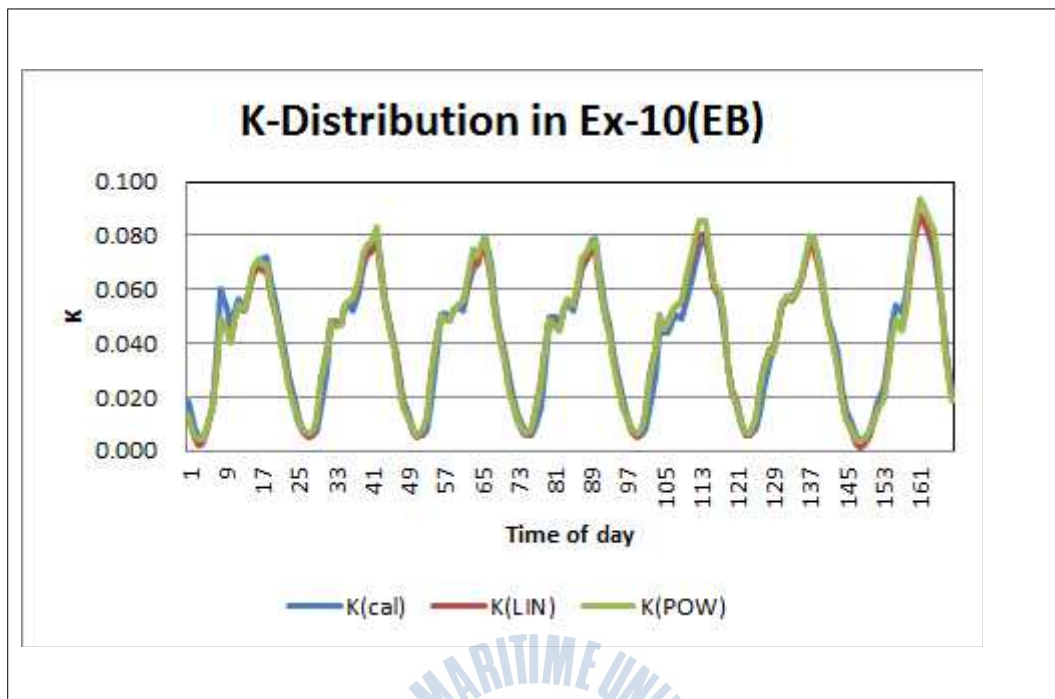


Figure 5.19 K-model verification in Ex-10(EB) for a week

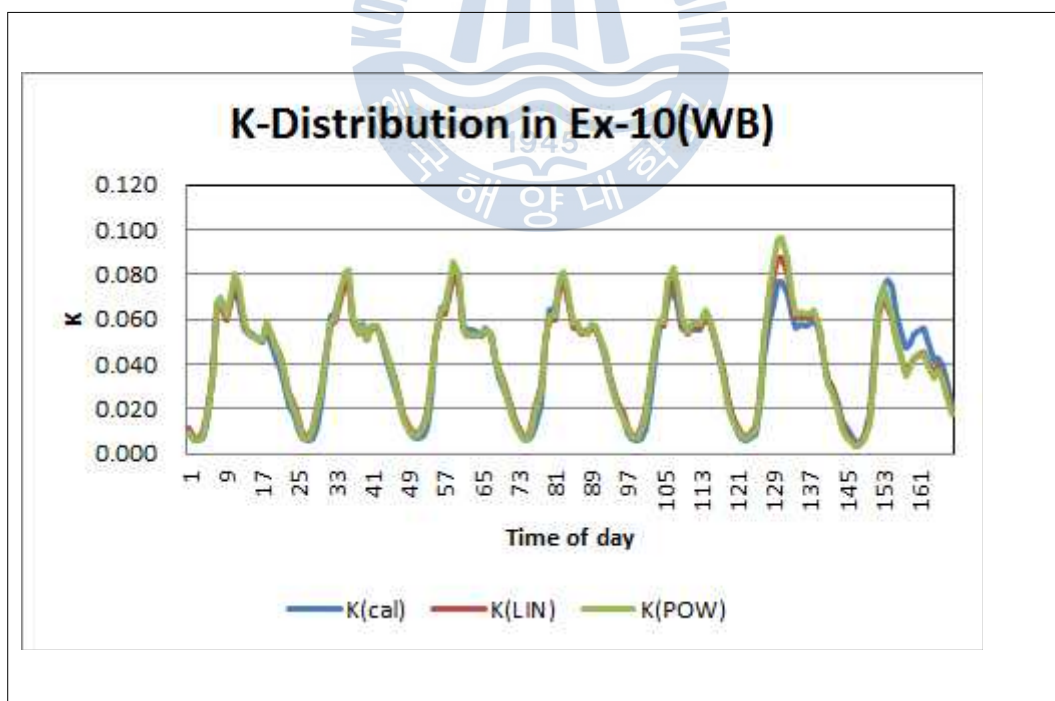


Figure 5.20 K-model verification in Ex-10(WB) for a week

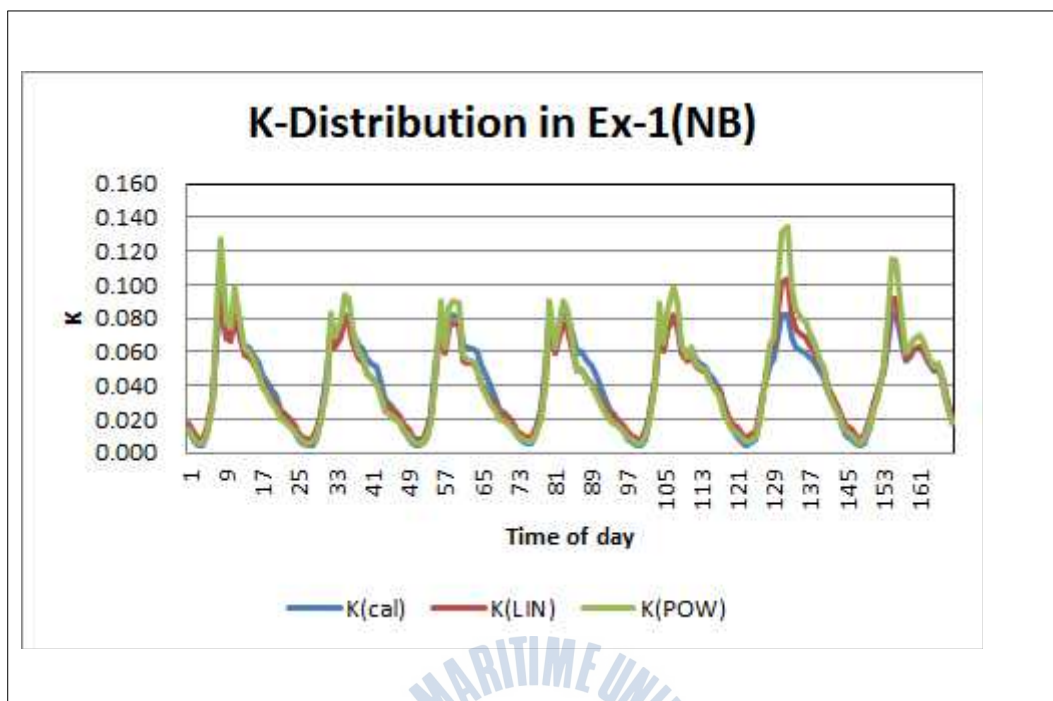


Figure 5.21 K-model verification in Ex-1(NB) for a week

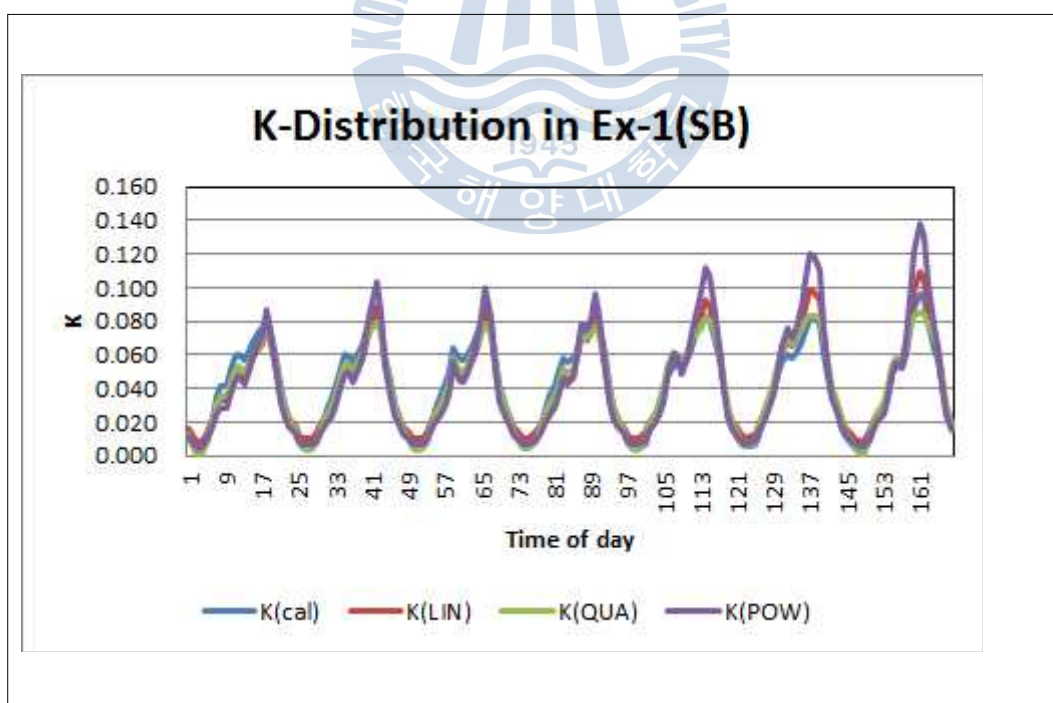


Figure 5.22 K-model verification in Ex-1(SB) for a week

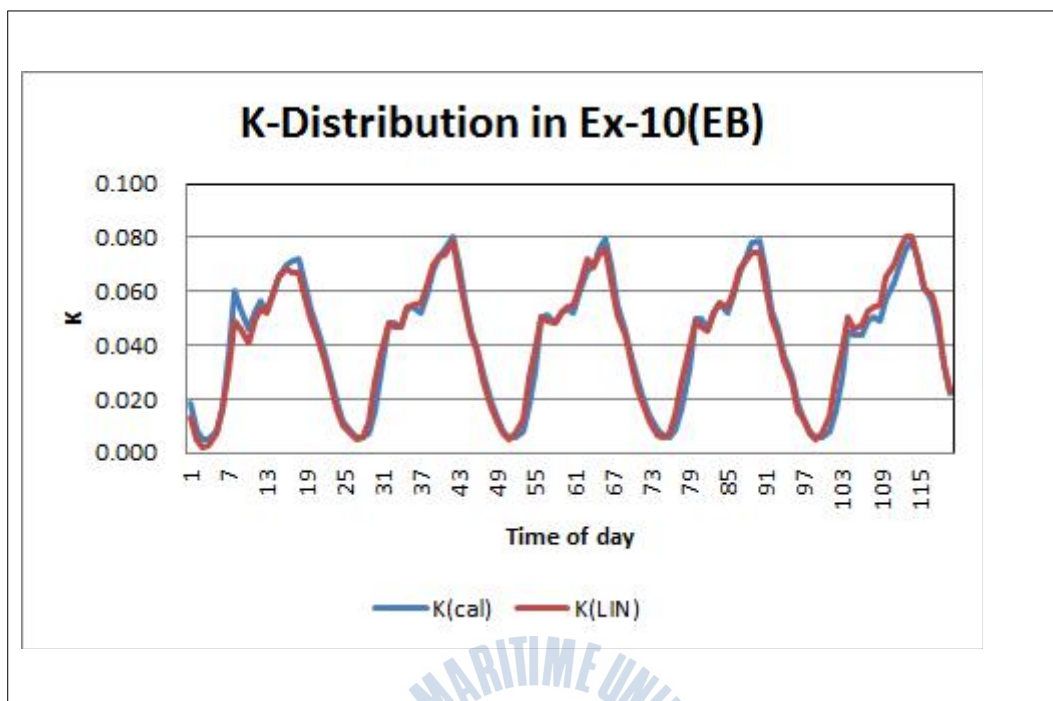


Figure 5.23 K-model verification in Ex-10(EB) for weekday

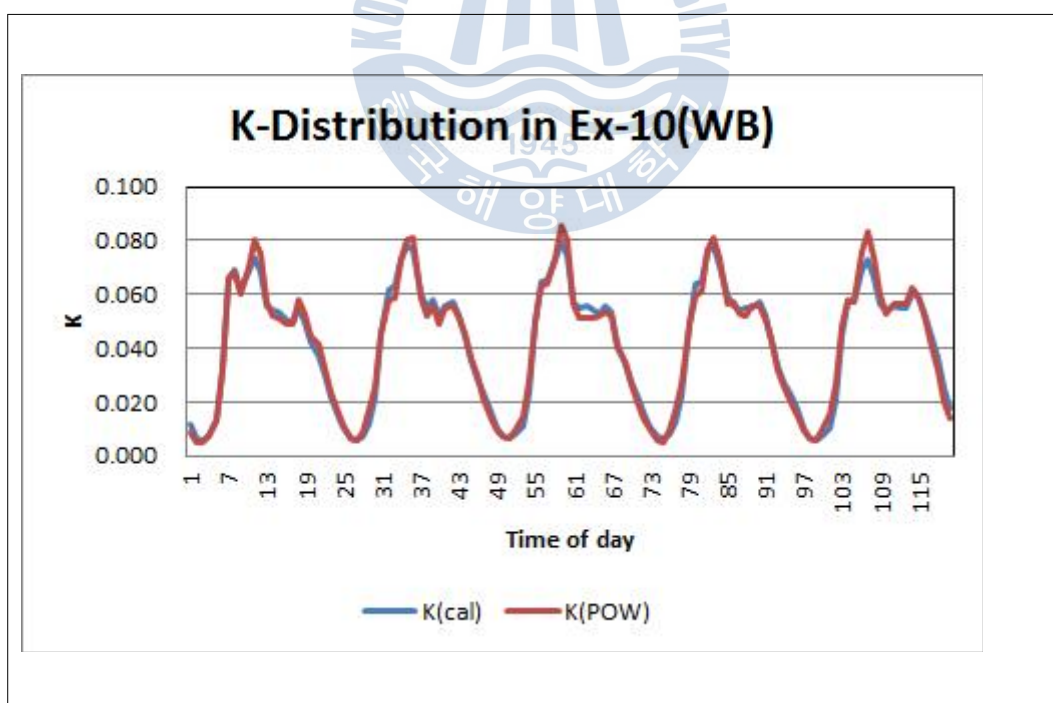


Figure 5.24 K-model verification in Ex-10(WB) for weekday

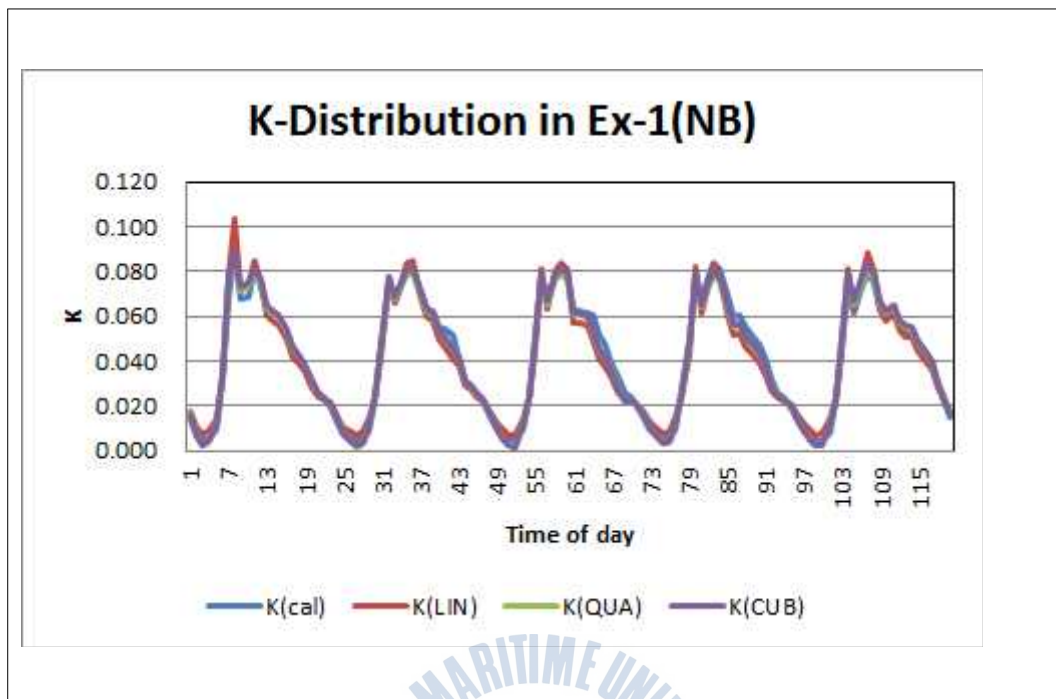


Figure 5.25 K-model verification in Ex-1(NB) for weekday

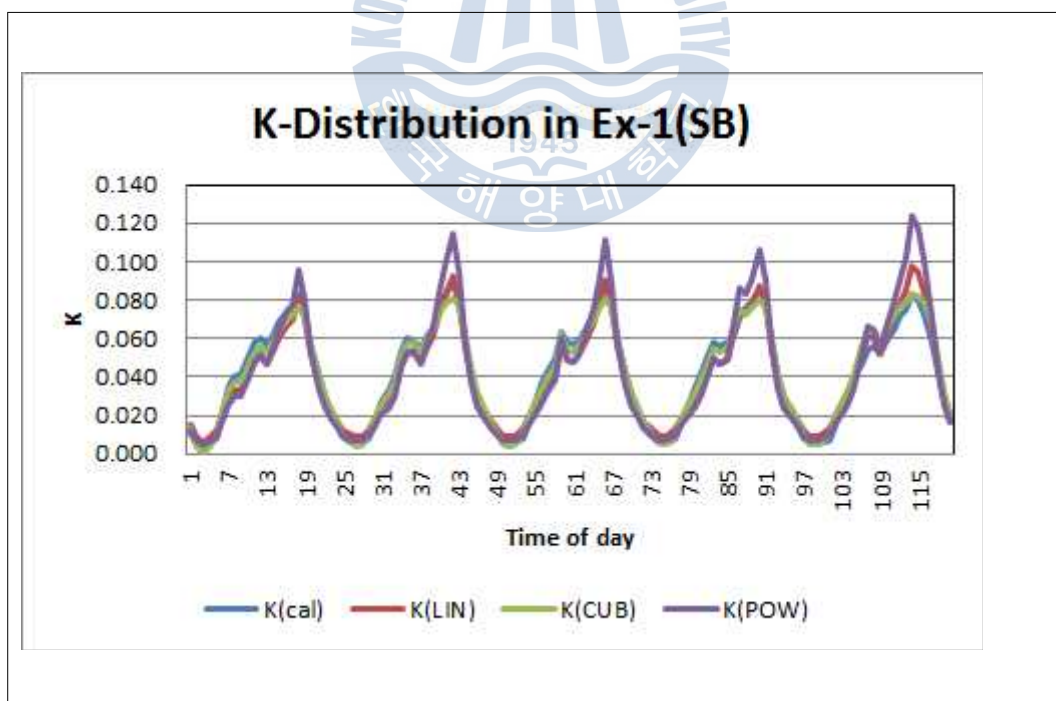


Figure 5.26 K-model verification in Ex-1(SB) for weekday

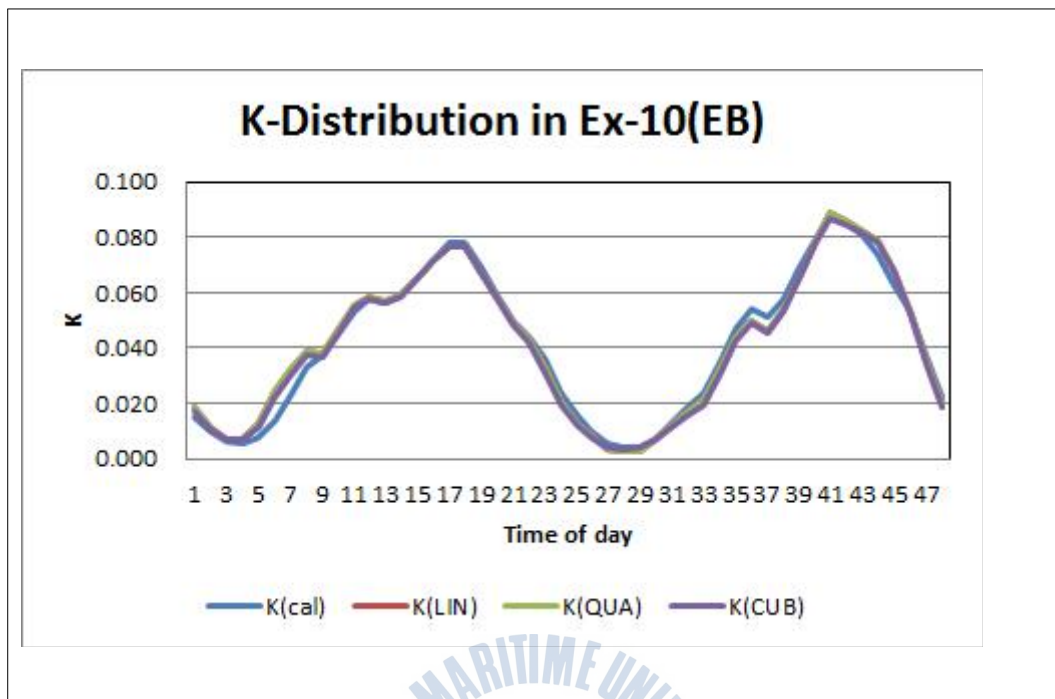


Figure 5.27 K-model verification in Ex-10(EB) for weekend

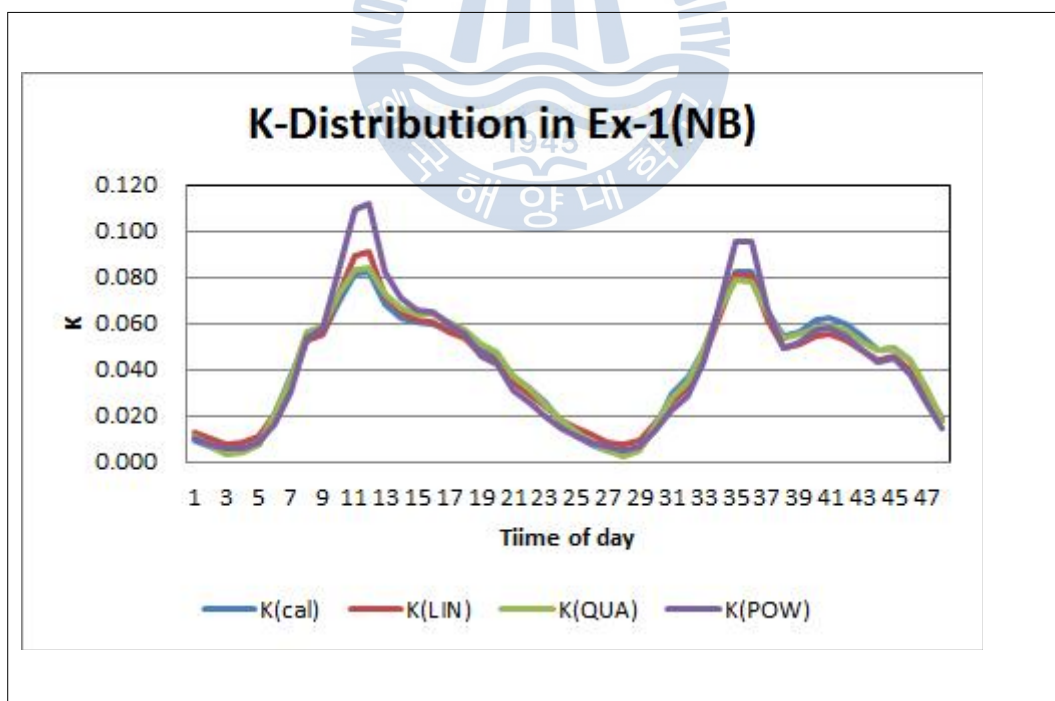


Figure 5.28 K-model verification in Ex-1(NB) for weekend

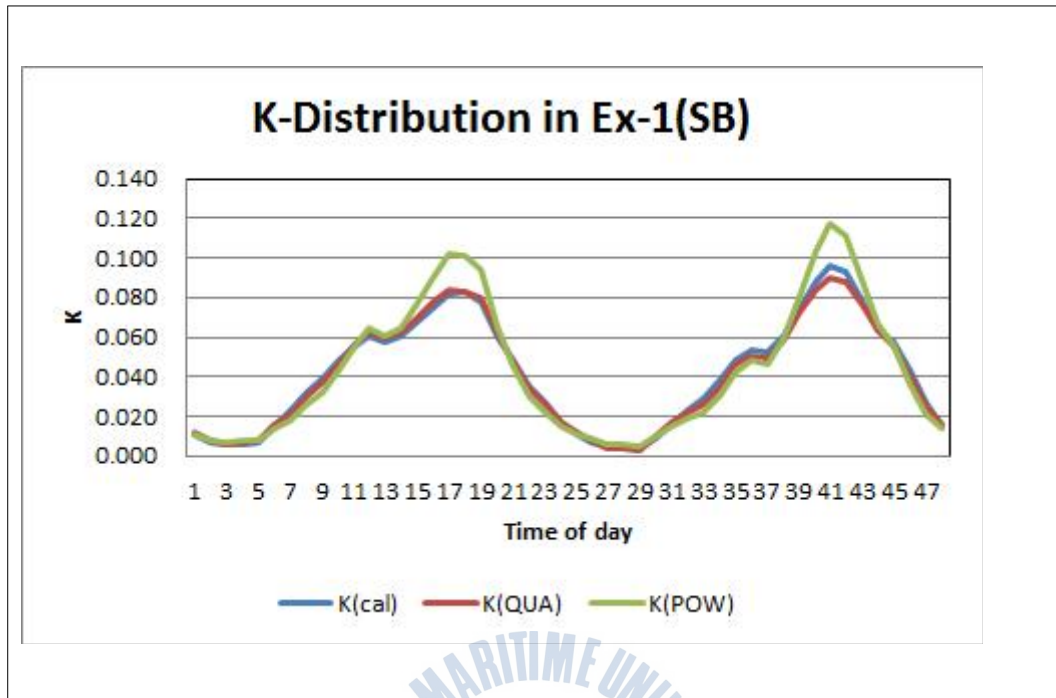
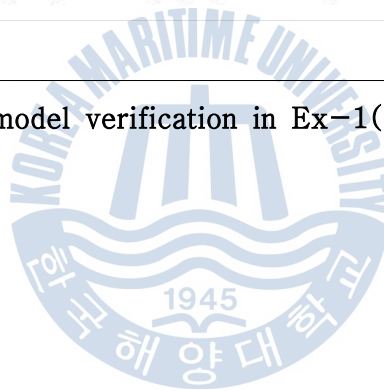


Figure 5.29 K-model verification in Ex-1(SB) for weekend



5.4 모형 평가

고속도로 Ex-1과 Ex-10을 대상으로 구축된 선형 및 곡선형의 K-model에 대해 최적의 모형을 결정하기 위해 수집된 자료에 의해 산정된 설계시간계수 추정치와 모형에 의해 예측된 설계시간계수 추정치사이에 평균제곱근오차(root mean square error, RMSE)분석을 다음과 같이 실시하였다.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (K_{cal} - K_{exp})^2}{n-1}} \quad (5.11)$$

여기에서,

K_{cal} : design hourly factor estimate calculated

K_{exp} : design hourly factor estimate expected

위에 제시된 분석대상모형들에 대해 평균제곱근오차분석을 수행한 결과, 주중과 주말을 구분하지 않을 경우와 구분할 경우에서 다소 차이를 보였다. 특히, 주중과 주말을 구분하지 않을 경우에 있어서 고속도로 Ex-10의 통합모형을 제외하고 나머지 분석대상모형에서는 선형모형이나 2차 함수모형의 평균제곱근오차가 가장 낮게 나타났다. 반면, 주중과 주말을 구분할 경우에 있어서 주중에는 모든 분석대상모형들에서 선형모형이나 곡선형모형(QUA, CUB, POW)의 평균제곱근오차가 가장 낮게 나타났고, 주말에는 고속도로 Ex-10의 개별모형을 제외하고 나머지 분석대상모형들에서 선형모형이나 2차 함수모형의 평균제곱근오차가 가장 낮게 나타났으며(참조 Tables 5.10~5.12), 고속도로 Ex-1과 Ex-10의 시간대별 제곱오차(squared error, SE)에 있어서 모형별 편차는 아래 Figures 5.30~5.40과 같이 나타났다.

Table 5.10 RMSE results between models for a week

Direction	Model	RMSE	Result
Ex-10(EB)	LIN	0.0039	○
	QUA	—	
	CUB	—	
	POW	0.0042	
Ex-10(WB)	LIN	0.0046	○
	QUA	—	
	CUB	—	
	POW	0.0053	
Ex-1(NB)	LIN	0.0058	○
	QUA	—	
	CUB	—	
	POW	0.0107	
Ex-1(SB)	LIN	0.0065	
	QUA	0.0047	○
	CUB	—	
	POW	0.0111	
Ex-10(EW)	LIN	—	
	QUA	—	
	CUB	—	
	POW	—	
Ex-1(NS)	LIN	0.0062	
	QUA	0.0044	○
	CUB	—	
	POW	0.0108	

Table 5.11 RMSE results between models for weekday

Direction	Model	RMSE	Result
Ex-10(EB)	LIN	0.0041	○
	QUA	—	
	CUB	—	
	POW	—	
Ex-10(WB)	LIN	—	
	QUA	—	
	CUB	—	
	POW	0.0029	○
Ex-1(NB)	LIN	0.0047	
	QUA	—	
	CUB	0.0028	○
	POW	—	
Ex-1(SB)	LIN	0.0056	
	QUA	—	
	CUB	0.0036	○
	POW	0.0100	
Ex-10(EW)	LIN	—	
	QUA	0.0039	○
	CUB	—	
	POW	—	
Ex-1(NS)	LIN	0.0050	○
	QUA	—	
	CUB	—	
	POW	0.0098	

Table 5.12 RMSE results between models for weekend

Direction	Model	RMSE	Result
Ex-10(EB)	LIN	0.0032	○
	QUA	0.0032	
	CUB	0.0032	
	POW	—	
Ex-10(WB)	LIN	—	
	QUA	—	
	CUB	—	
	POW	—	
Ex-1(NB)	LIN	0.0039	
	QUA	0.0023	○
	CUB	—	
	POW	0.0082	
Ex-1(SB)	LIN	—	
	QUA	0.0023	○
	CUB	—	
	POW	0.0081	
Ex-10(EW)	LIN	0.0056	
	QUA	0.0052	○
	CUB	—	
	POW	0.0065	
Ex-1(NS)	LIN	0.0036	○
	QUA	—	
	CUB	—	
	POW	—	

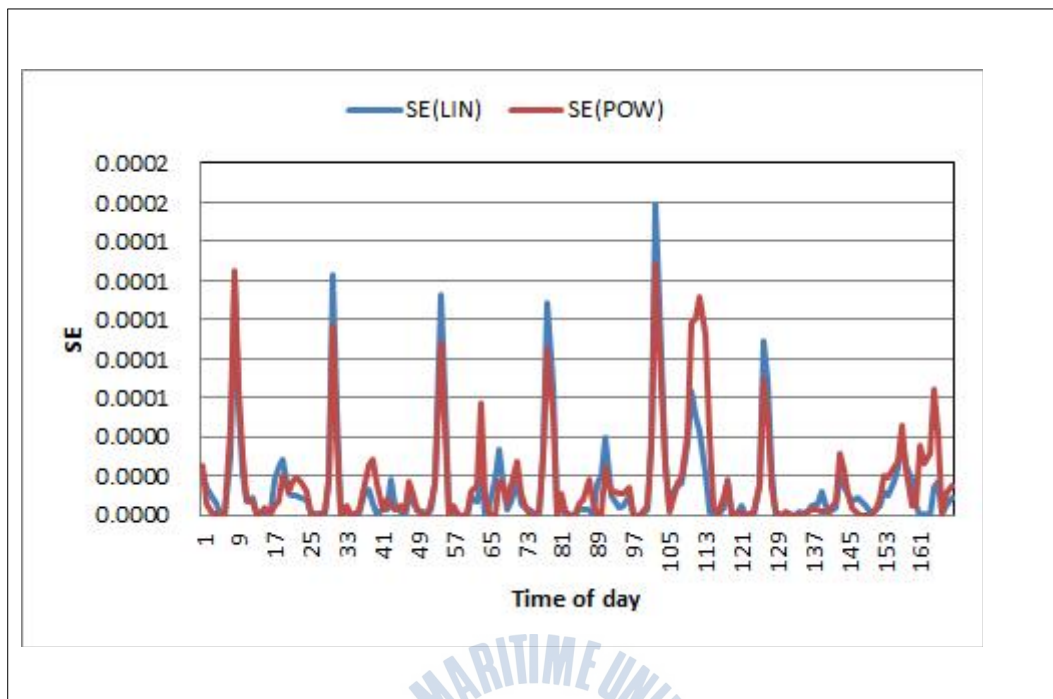


Figure 5.30 SE shifts in Ex-10(EB) for a week

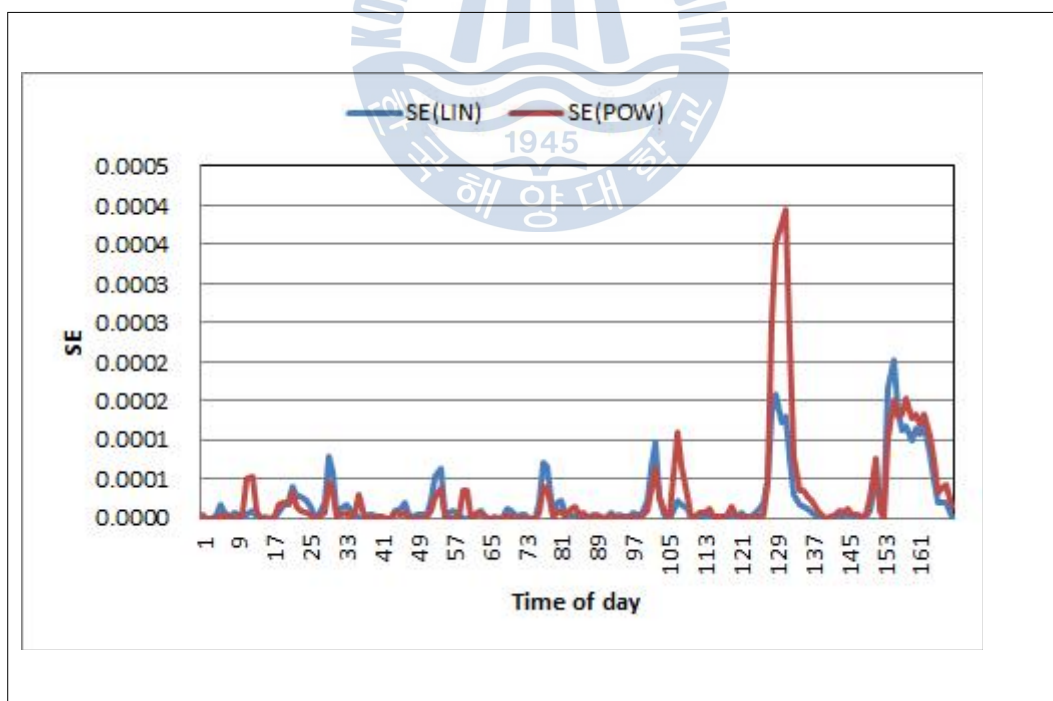


Figure 5.31 SE shifts in Ex-10(WB) for a week

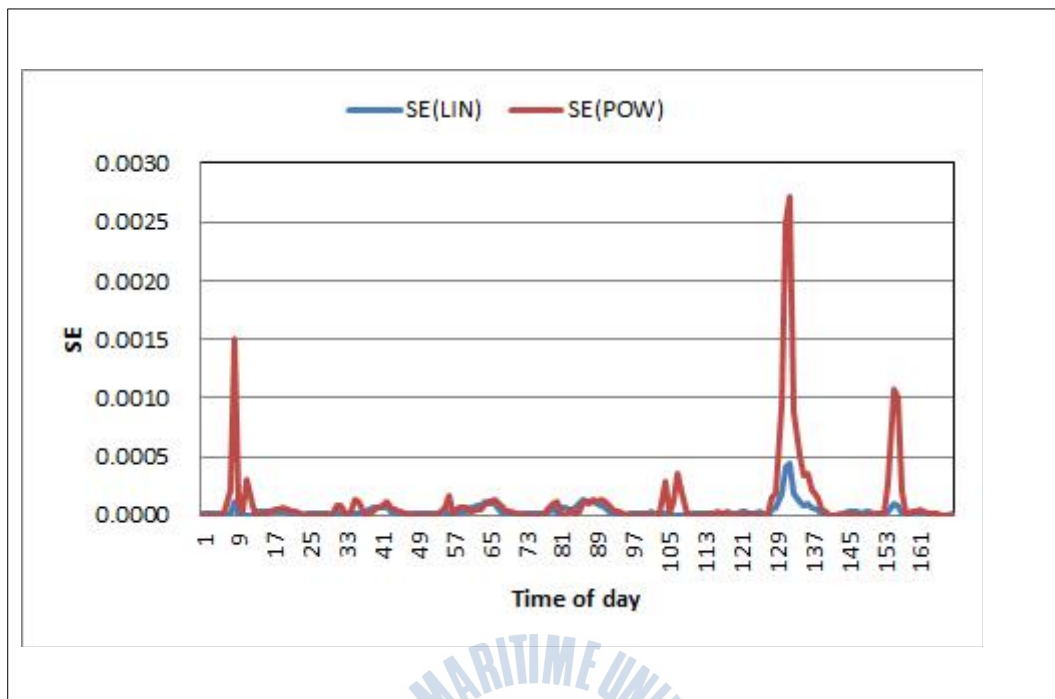


Figure 5.32 SE shifts in Ex-1(NB) for a week

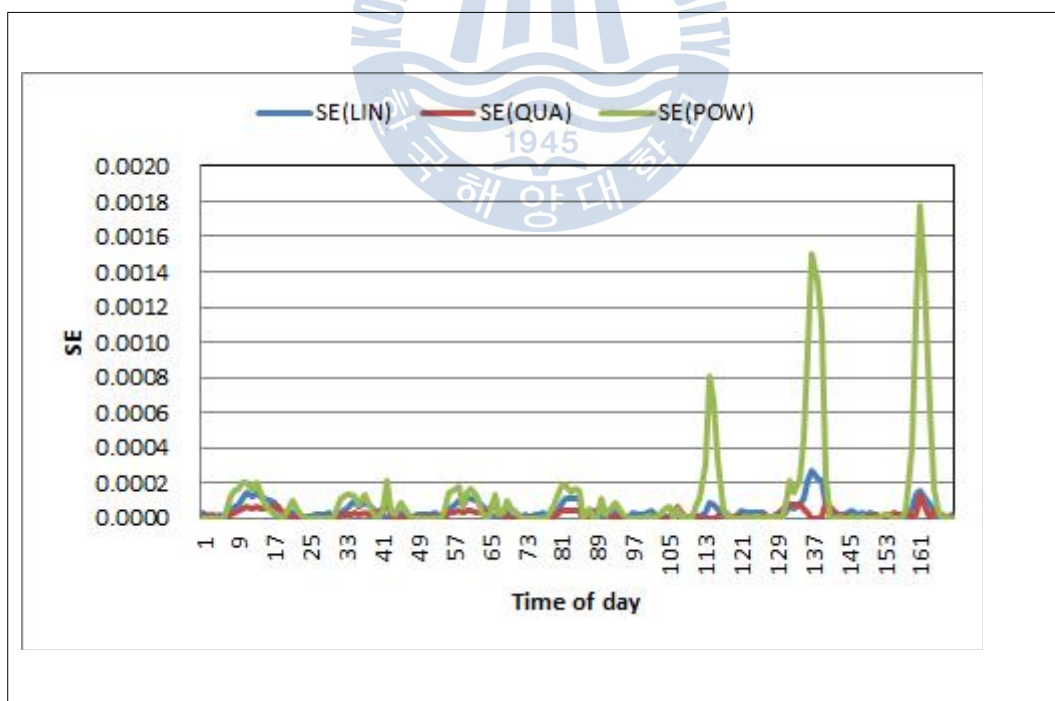


Figure 5.33 SE shifts in Ex-1(SB) for a week

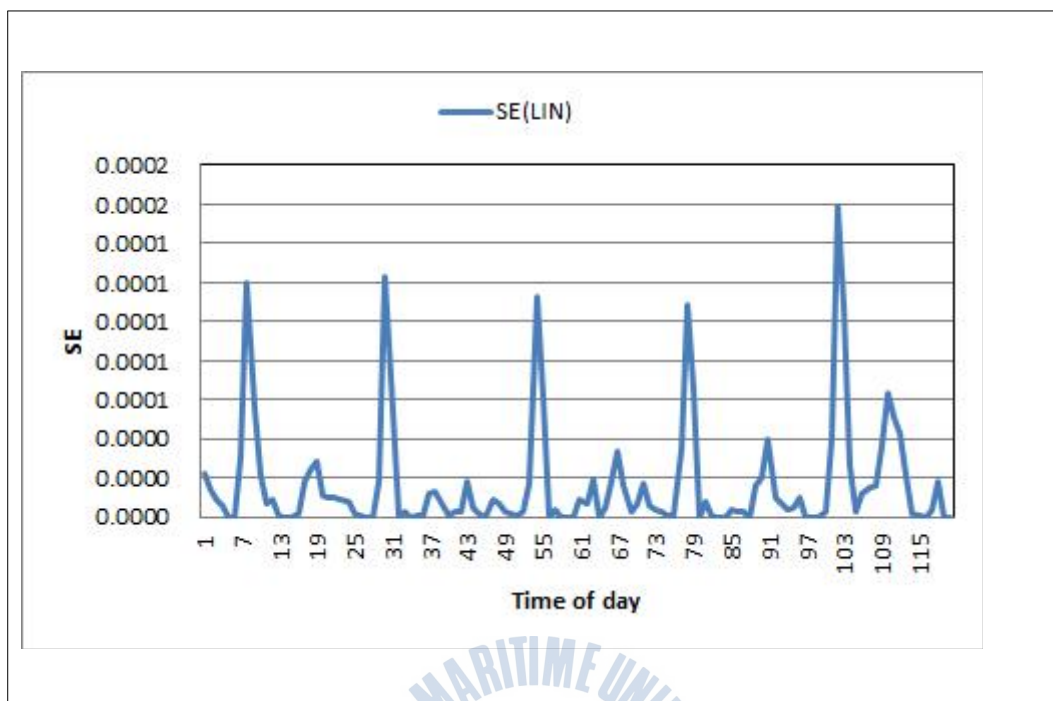


Figure 5.34 SE shifts in Ex-10(EB) for weekday

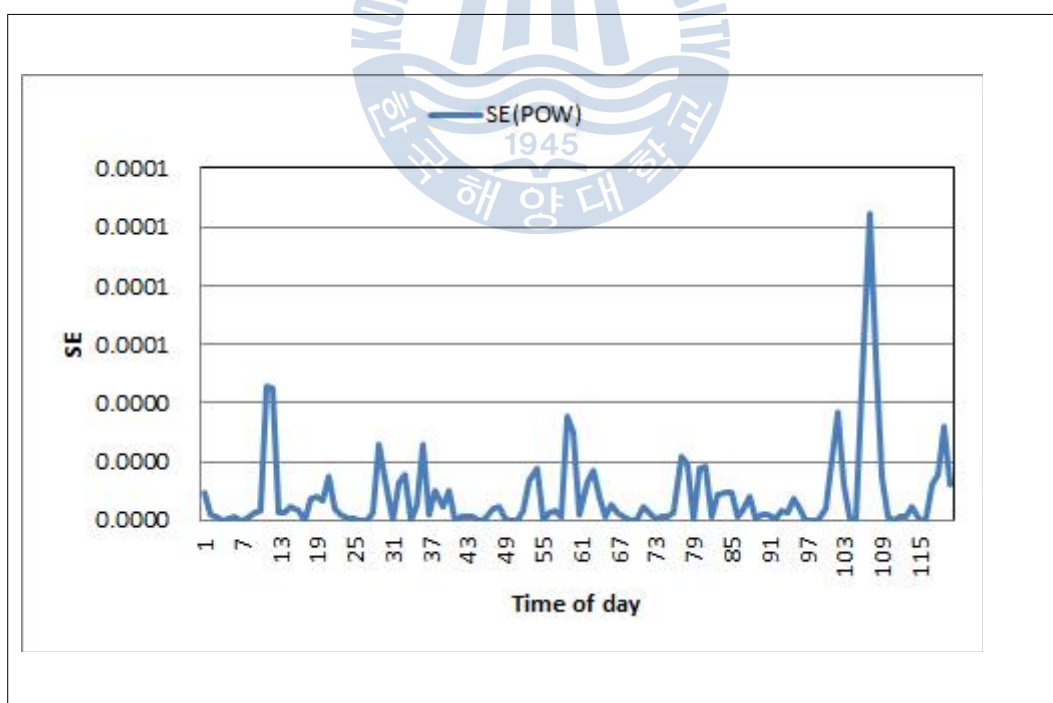


Figure 5.35 SE shifts in Ex-10(WB) for weekday

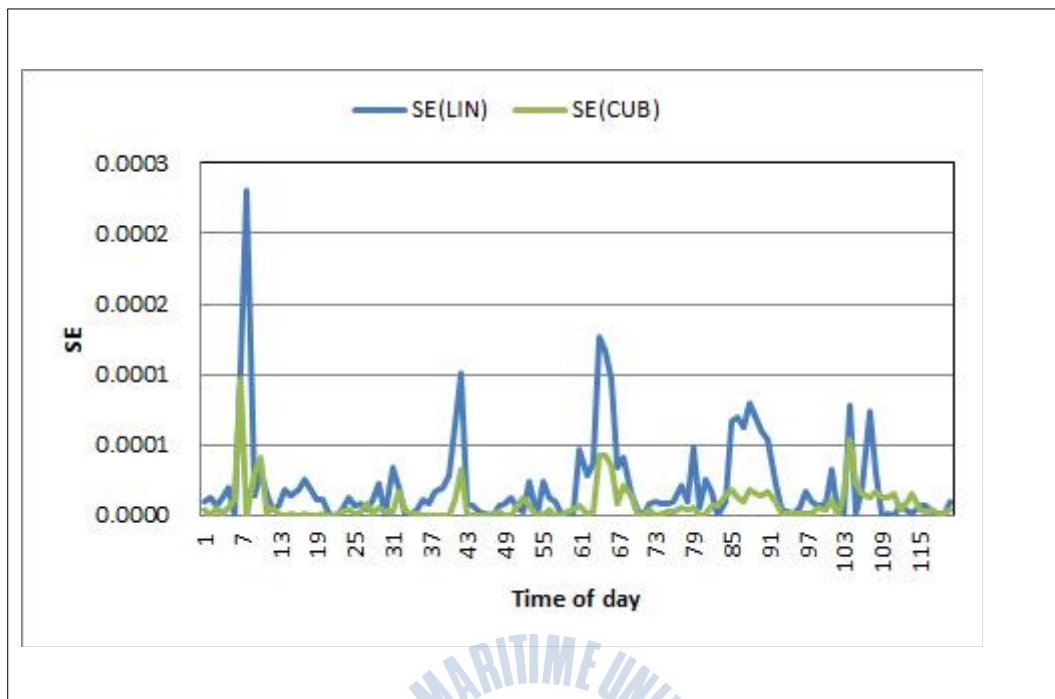


Figure 5.36 SE shifts in Ex-1(NB) for weekday

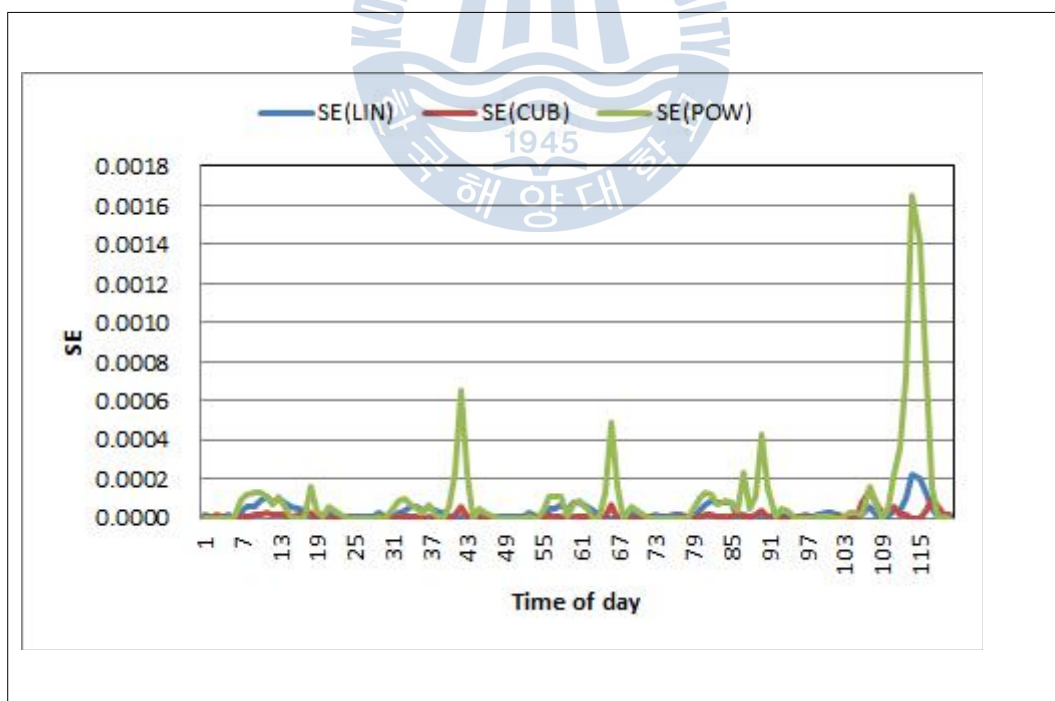


Figure 5.37 SE shifts in Ex-1(SB) for weekday

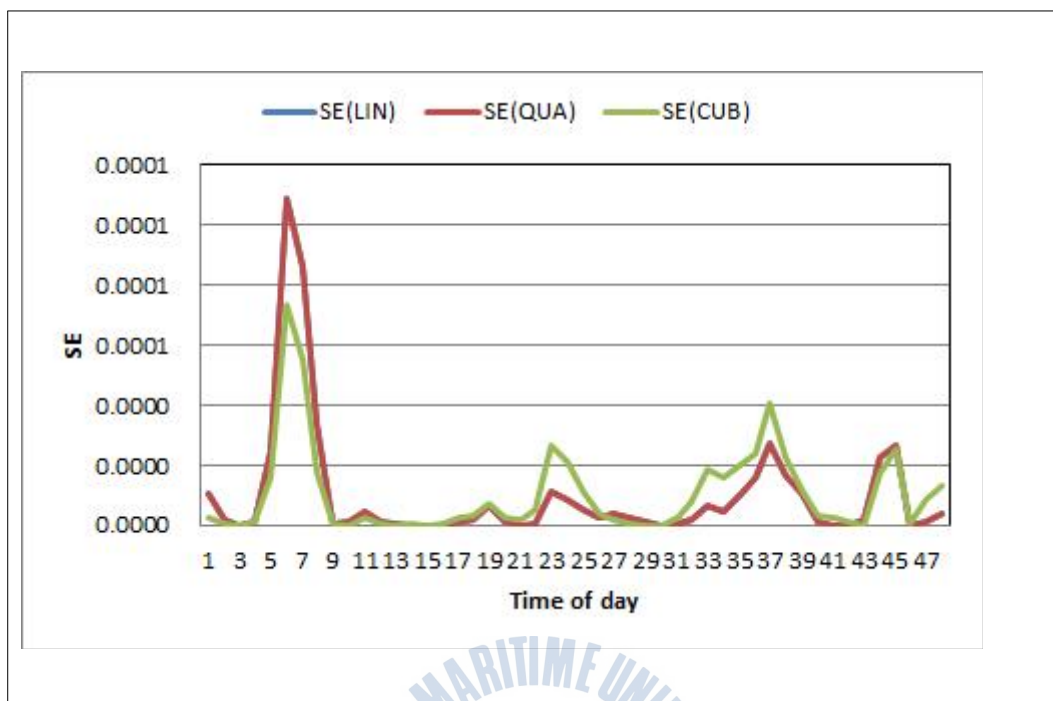


Figure 5.38 SE shifts in Ex-10(EB) for weekend

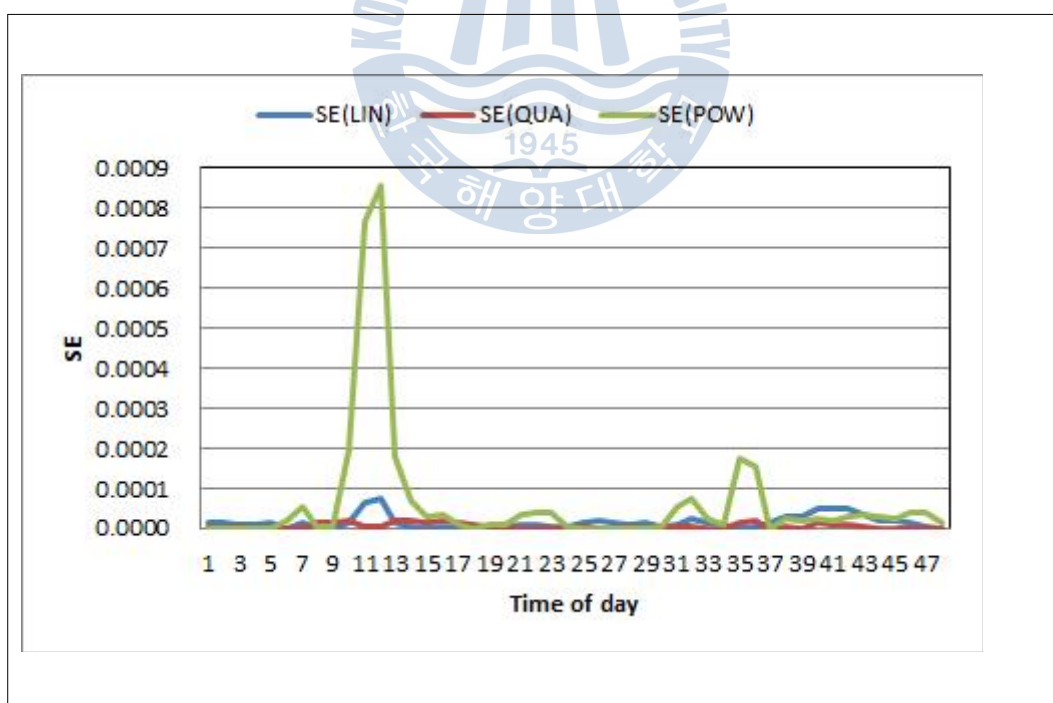


Figure 5.39 SE shifts in Ex-1(NB) for weekend

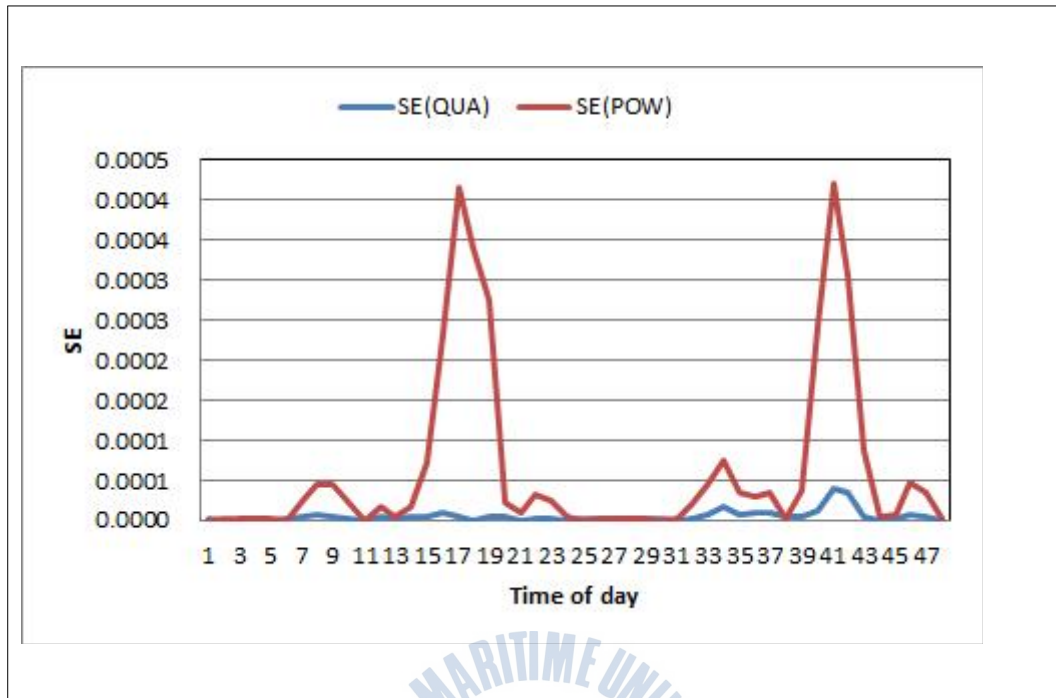


Figure 5.40 SE shifts in Ex-1(SB) for weekend

결과적으로 고속도로 Ex-1과 Ex-10에서 주중과 주말을 구분하지 않고 점유율을 이용하여 시간별 설계시간계수 추정치분포를 예측하고자 할 경우에는 선형모형이 가장 설명력이 있고 유효성이 높은 회귀모형으로 채택될 수 있고, 주중과 주말을 구분할 경우에는 고속도로와 방향에 따라 차이가 있겠으나 선형모형이나 곡선형모형(QUA, CUB, POW)도 설명력이 있고 유효성이 높은 회귀모형으로 채택될 수 있다고 생각하였다.

6. 결론 및 향후 연구과제

경부고속도로(Ex-1)와 남해고속도로(Ex-10)에 대한 교통특성자료의 분석결과를 바탕으로 점유율(O)과 설계시간계수 추정치(K)사이의 상관성을 중심으로 회귀모형을 구축 검증을 실시한 결과 다음과 같은 결론에 도달할 수 있었다.

- i) 고속도로에 있어서 교통특성자료가 주중과 주말에서 상당한 차이를 보이고 있었고 동일 고속도로에서도 방향별로 뚜렷한 차이를 보이고 있었기 때문에 고속도로의 효율성을 증대시키기 위해서는 각 고속도로의 요일별 방향별 통행특성을 고려한 교통관리체계방안을 수립하는 것이 필요할 것으로 생각되었다.
- ii) 고속도로의 설계시간계수 추정치는 점유율과 양(+)의 높은 상관성을 확인할 수 있었는데, 고속도로의 설계시간계수 추정치와 점유율사이에 상관성을 중심으로 회귀모형을 구축한 결과, 선형모형, 2차 함수모형, 3차 함수모형 및 파워모형 등이 결정계수(R^2)값에서 0.9이상의 높은 설명력을 보이는 것으로 나타났다.
- iii) 설계시간계수 추정치의 분포예측에서 높은 결정계수(R^2)값을 보인 4개의 모형들에 대해 상관관계분석 및 대응표본 t-Test를 실시한 결과, 상관계수(r)값은 0.923~0.992로 비교적 높게 나타났으나 95% 신뢰수준의 유의확률(P-value)은 대체적으로 수락(Accept)이나 기각영역(Reject)을 보이는 것으로 나타났다.
- iv) 검증된 설계시간계수 추정치의 분포 예측모형들에 대해 RMSE분석을 실시한 결과, 주중과 주말을 구분하지 않을 경우 고속도로 Ex-10을 제외하고는 대체적으로 선형모형의 설명력과 유효성이 높게 나타났으나, 주중과 주말을 구분할 경우 방향별로 선형모형, 2차 함수모형, 3차 함수모형 또는 파워모형 등의 설명력과 유효성이 높게 나타났다. 결론적으로

v) 고속도로에서 점유율과 함께 설계시간계수 추정치분포를 예측하는데 있어서 주중과 주말을 구분할 경우 선형모형, 2차 함수모형, 3차 함수모형 또는 파워모형 등이 설명력이 높고 유효할 것으로 생각되었고, 주중과 주말을 구분하지 않을 경우 선형모형의 설명력과 유효성이 상대적으로 높을 것으로 생각되었다.

그리고 본 연구에서 구축 검증된 고속도로의 설계시간계수 추정치분포 회귀모형은 유사한 기하구조와 교통특성을 가지는 고속도로의 설계시간계수 추정치분포를 추정할 수 있는 토대로 사용되어질 수 있을 것으로 생각되며, 향후 다양한 기하구조특성과 교통특성을 고려한 고속도로, 다차로도로 및 2차로도로에 대해서도 추가적인 자료관측 및 연구가 계속 수행되어야 할 것으로 생각한다.



참고문헌

- 강선욱(2011), 도시부 고속도로 설계시간계수(K) 추정방법에 관한 연구, 전남대학교 대학원,
- 국토해양부(2005), 도로설계기준, pp. 378-379.
- 국토해양부(2009), 도로의 구조·시설기준에 관한 규칙 해설 및 지침, pp. 505-506.
- 김갑수, 신판식(1998), “도시고속도로 연결로 접속부에 있어서 KHCM모형의 적용성 분석”, 공업기술연구소논문집, 영남대학교 공업기술연구소, 제26권, 제2호, pp. 1~20.
- 김상구(1997), 고속도로 합류부 교통특성 및 용량 모형식 개발에 관한 연구, 서울대학교 대학원.
- 권순범, 김정훈, 이지영, 김태곤(2005), 부산지역 도시고속도로의 연결로 접속부내 속도전환계수 평가에 관한 연구, 대한토목학회논문집, 제25권 제1D호, pp. 31~38.
- 김정훈(2000), 고속도로 진출입램프 접속부상의 지체예측모형 구축에 관한 연구, 한국해양대학교 대학원.
- 김정훈, 안현철, 이은진, 김태곤(2005), 트럼펫 A형 IC의 연속적인 분류-합류부에서 속도추정모형 구축에 관한 연구, 대한토목학회논문집, 제25권 제1D호, pp. 39~47.
- 김태곤, 김승길, 신광식, 권인영(2007), 도시고속도로 합류영향권에서의 속도예측모형 구축에 관한 연구, 대한토목학회논문집, 제27권 제1D호, pp. 35~42.
- 김태곤, 권미현, 지승근(2010), 도시고속도로의 진출·입 연결로 접속구간 내 평균속도의 추정에 관한 연구, 대한토목학회논문집, 제30권 제3D호, pp. 215~222.
- 김태곤, 문병근, 이주철, Fady, M. A. Hassouna(2007), 차로별 속도특성을 고

- 려한 도시고속도로의 합류영향권내 속도상관모형에 관한 연구, 대한토목학회 논문집, 제27권 제4D호, pp. 413~421.
- 김태곤, 문병근, 조인국, 정유나(2009), 점유율 특성을 이용한 도시고속도로의 서비스수준(LOS) 평가에 관한 연구, 대한토목학회논문집, 대한토목학회, Vol. 29, No.3D, pp.335-345.
- 김태곤, 신광식, 김승길, 김정서(2006), 도시고속도로의 진입연결로 접속부내 선형의 밀도예측모형 구축에 관한 연구, 대한토목학회논문집, 제26권 제1D호, pp. 59~66.
- 김태곤, 정영환, 박종만, 지승근(2008), 부산항과 연계된 도시고속도로의 연결로 접속부내 용량특성분석에 관한 연구, 대한토목학회논문집, 제28권 제2D호, pp. 205~216.
- 김태곤, 정유나, 파디 하수나(2010), 차로별 특성을 고려한 도시고속도로의 지체추정에 관한 연구, 대한토목학회논문집, 제30권 제5D호, pp. 467~476.
- 김태곤, 표종진, 권미현, 조인국(2008), 도시고속도로의 유입연결로 합류영향권내 밀도추정모형 구축에 관한 연구, 대한토목학회논문집, 제28권 제3D호, pp. 287~293.
- 박여정, 안현철, 권인영, 김태곤(2004), 도시고속도로의 램프 접속부내 속도전환모형 구축에 관한 연구, 대한토목학회논문집, 제24권 제4D호, pp. 549~554.
- 백승걸, 김범진, 이정희, 손영태(2007), 차량검지기자료를 이용한 고속도로 설계시간계수 산정 연구, 대한교통학회지, 대한교통학회, 제25권 제6호, pp. 79-88.
- 신치현(1995), 고속도로 연결로 접속영향권에서의 속도추정모형, 대한교통학회지 제13권, 제3호.
- 오주삼, 임성만(2007), 일반국도 30번째 설계시간계수의 시계열적인 특성 분석에 관한 연구, 한국도로학회논문집, 한국도로학회, 제9권 제4호, pp. 1-9.
- 원창연(2008), 시간교통량 분포를 고려한 고속도로 설계시간계수 서비스 목표

- 계수 개발, 아주대학교 대학원.
- 이의은, 천호영(1999), 고속도로의 밀도와 점유율 관계 분석, Journal of the Research Institute of Industrial Technology, Vol. 18, Myongi University.
- 일본도로협회(1999), 도로구조령의 해설과 운용.
- 조인국(2012), 고속도로의 점유율과 밀도 상관특성에 의한 밀도예측모형 구축에 관한 연구, 한국해양대학교 대학원.
- 장태준, 김정훈, 이은진, 김태곤(2003), 실시간 교통특성에 기초한 도시고속도로의 IC분류부의 지체예측모형 구축에 관한 연구, 대한토목학회논문집, 제23권 제4D호, pp. 429~437.
- 진종근(2010), 고속도로 노선별, 구간별 설계시간계수(K)산정을 위한 변곡점 추정 방법에 관한 연구, 한양대학교 대학원.
- 하정아, 김성현(2008), 상시 교통량 자료를 이용한 설계시간계수 추정, 대한토목학회논문집, 대한토목학회, 제28권 제2 D호, pp. 155-162.
- AASHTO(2001), A Policy On Geometric Design of Highways and Streets, American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, D.C. 20001.
- Crownover, D. R.(2006), Use of Short-term interval counts to determine K Factors, Oregon Department of Transportation, August.
- Garber, N. J. and Hoel, L. A.(1988), Traffic & Highway Engineering, WEST PUBLISHING COMPANY, St. Paul, MN 55164-1003.
- Kim, T. G., Kim, J. H., Lee, E. J., and Kwon, I. Y.(2003), Delay Predictive Modeling on the Continuous Exit-After-Entrance Ramp Junctions of the Urban Freeway under the Speed Surveillance, Proceedings of the 4th International Symposium on Uncertainty Modeling and Analysis, ISUMA2003, 1-3 September, pp. 360~366.
- Kim, Y. H. and Hall, F. L.(2004), Relationships Between Occupancy and

- Density Reflecting Average Vehicle Lengths, Journal of the Transportation Research Board, TRB of the national Academies, Vol. 1883, pp. 85~93.
- Homburger, W. S. and Kell, J. H.(1989), Fundamentals of Traffic Engineering, 12th ed., Course Notes, Institute of Transportation Studies, University of California at Berkeley, October.
- Khisty, C. J.(1990), Transportation Engineering An Introduction, Illinois Institute of Technology, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey 07632.
- Lapin, L. L.(1983), Probability and Statistics for Modern Engineering, PWS Publishers, Belmont, California 94002.
- McShane, W. R., Roess, R. P., and Prassas, E. S.(1998), Traffic Engineering, 2nd ed., Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey 07458.
- May, A. D.(1990), Traffic Flow Fundamentals, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey 07632.
- Sharma, S. C., Wu, Y., and Rizak, S. N.(1995), Determination of DDHV From Directional Traffic Flow, Journal of Transportation Engineering, 121(4), pp. 369~375.
- Thompson, N.(1997), Ramp Up The Volume, Its International.
- TRB(1975), Traffic Flow Theory, Special Report 165, Transportation Research Board, Washington, D.C. 20001.
- TRB(1997), Traffic Flow Theory, Revised Edition, Special Report 165, Transportation Research Board, Washington, D.C. 20001.
- TRB(2000), Highway Capacity Manual, Transportation Research Board, Washington, D.C. 20001.
- Walker, W. P.(2004), Trends Of Factors Used In Determining The 30th

Highest Hourly Traffic Volumes, Federal Highway Administration, Vol. 29, No. 9, pp. 216~220.

Wright, P. H. and Paquette, R. J.(1987), Highway Engineering, 5th ed., Georgia Institute of Technology, John Wiley & Sons, Inc.



감사의 글

논문을 마치고 감사의 글을 접하니 1989년 한국해양대학교에 입학해서 졸업한 후 울산발전연구원 김 승길 박사와 지금은 호주 교포가 된 김 동수와 함께 했던 석사과정생활, 짧은 기간이었지만 부산발전연구원 전문위원생활 그리고 직장생활과 함께 병행했던 박사과정생활이 소중하였고 즐거웠으며 귀한 지인들이 너무 많았다는 것을 느끼게 합니다.

저에게 앞으로 살아갈 생활에 자신감을 얻게 해 준 소중한 자산인 이 논문이 완성되기까지 아낌없는 격려와 지도를 해주신 김 태곤 교수님과 그 맥의 따스한 사랑에 감사드립니다.

- 이 논문이 “시작이다”라는 것을 명심하고 노력하겠습니다.
- 이 논문이 “사랑이다”라는 것을 명심하고 소중한 마음 오랫동안 간직하겠습니다.

이 논문의 완성도를 높이기 위해 아낌없이 지도해 주시고 항상 든직한 스승이신 한국해양대학교 이 중우 교수님, 김 도삼 교수님, 김 태형 교수님과 부산발전연구원 이 상국 박사님께 감사드립니다.

어려운 여건 속에서도 이 논문이 나오기까지 전폭적인 지원을 아끼지 않으신 오현코퍼레이션 하 회성 사장님과 박 종천 차장을 비롯한 직원들에게도 감사드리며, 이 논문이 있기까지 지근에서 응원해 준 승길, 인영, 인석, 연우, 기홍 그리고 연구실 후배들에게도 고맙다는 말을 전하고 싶습니다.

지금은 하늘나라에 계신 아버지와 항상 장남 편이신 어머니, 할머니, 안동고모 그리고 우리 4남매와 아내 이 희숙, 딸 수윤, 아들 민준에게도 고맙다는 말을 전하고 싶습니다.

마지막으로 지면을 통해서 일일이 언급하지 못했지만 그동안 저를 아끼고 사

랑해주신 모든 분들께 다시 한 번 진심으로 감사드립니다.

